

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique



Ecole Nationale Polytechnique
Département de Génie Industriel
Spécialité Management Industriel

Mémoire de Projet de Fin d'Etudes

Thème

Contribution à l'amélioration de la performance d'une
fonction de la chaîne logistique par le Lean Six Sigma
Cas : Materials Management de Schlumberger NAG

Schlumberger

Présenté par :

M. Karim TAMSSAOUET

M. Youcef MECHOUAR

Dirigé par :

M^{lle}. Nacéra ABOUN (ENP)

M. Mourad DIAF (Schlumberger NAG)

Promotion : juin 2014

Remerciement

Nous adressons nos plus vifs remerciements à Mlle Nacéra ABOUN pour les conseils qu'elle nous a prodigués et pour nous avoir guidés dans la réalisation de notre travail.

Nous exprimons notre gratitude à Monsieur Mourad DIAF, Manager du département Materials Management de Schlumberger NAG, pour l'opportunité qu'il nous a donné de réaliser ce présent travail.

Nous tenons à remercier également l'ensemble des enseignants du Département Génie Industriel auxquels nous devons notre formation d'ingénieur.

Nous remercions aussi toute l'équipe de Materials Management de Schlumberger qui nous a accueillis durant notre stage. Nous remercions, en particulier, M. Mohamed Fouad DJOUAMA, Yassine GOUICHHE, Lila MELIK et Abdellah AIT Taleb pour leur patience, leur disponibilité et leurs conseils.

Nous remercions les membres du jury de nous faire l'honneur d'évaluer notre travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A ma Mère et mon Père;

A ma Tante Wahiba et toute ma Famille;

A tous mes Amis.

Youcef

Je dédie ce travail :

A ma Mère et mon Père;

A Noureddine et toute ma Famille;

A tous mes Amis.

Karim

ملخص

يرتكز مشروعنا على استخدام منهجية " Lean Six Sigma " لتحسين أداء واحدة من ركائز سلسلة توريد " Schlumberger " شمال أفريقيا جيوما ركت : وظيفة إدارة المواد. نشر هذه المنهجية سمح بتحديد ثلاثة مشاريع. في إطار أول المشروعين، يتعلق الأول بتحسين دقة الجرد، والثاني بتحسين وقت الخدمة، تم اقتراح حلين: الأول يعمل على تحسين توزيع البنود ، والثاني يقترح نظاما للتخزين في نقطة الاستخدام ويضمن السيطرة بنظام الـ " Kanban " ، بينما يساهم المشروع الثالث في تحسين التخزين بأتمل طريقة، وتم اقتراح نموذج جديد لحساب نقطة الطلب. الكلمات الرئيسية: Lean Six Sigma، إدارة المواد، التراجع المتعدد، VSM، المحاكاة.

Résumé

Ce travail concerne l'utilisation de la démarche « Lean Six Sigma » (LSS) pour l'amélioration des performances de l'un des piliers de la chaîne logistique de Schlumberger North Africa Geomarket : la fonction Materials Management. Le déploiement de cette démarche a permis d'identifier trois projets. Dans le cadre des deux premiers projets, portant sur l'amélioration de la fiabilité de l'inventaire et la réduction du temps de service, deux solutions ont été proposées : une procédure pour l'optimisation de l'affectation des articles et un système d'entreposage au point d'utilisation dont le contrôle sera assuré par un système Kanban. Quant au troisième projet portant sur l'optimisation des stocks, un nouveau modèle de calcul du point de commande a été proposé.

Mots-clés : Lean Six Sigma, Materials Management, Régression Multiple, VSM, Simulation.

Summary

This work concerns the use of the Lean Six Sigma methodology to improve the performance of one of the pillars of North Africa Geomarket Schlumberger Supply Chain: the Materials Management function. The deployment of this methodology allowed identifying three projects. Within the framework of the two first projects related to the inventory accuracy improvement and the time service reduction, two solutions were proposed: procedure for the optimization of the items assignment and a point of use warehousing controlled with a Kanban system. Finally, for the third project dealing with the inventory optimization, a new model of reorder point calculation was proposed.

Keywords: Lean Six Sigma, Materials Management, Multiple Regression, VSM, Simulation.

Introduction générale	1
Chapitre I : Etude de l'existant	4
Introduction.....	5
I. Présentation de la Société Schlumberger.....	5
1. Schlumberger dans le monde (Worldwide).....	5
2. Schlumberger North Africa Geomarket (NAG).....	6
3. Les principaux acteurs de la chaîne logistique NAG.....	6
3.1. Les fournisseurs	7
3.2. Les segments opérationnels.....	7
3.3. Les organisations et les services logistiques	7
3.3.1. GOLD (Global Oilfield Logistics & Distribution).....	7
3.3.2. GeomarketSupply Chain	8
4. La fonction Materials Management.....	8
4.1. Organisation de MM.....	9
4.2. Le rôle de MM.....	9
4.3. Les Types de matériel et systèmes d'information.....	10
4.3.1. Type de matériel.....	10
4.3.2. Systèmes d'information.....	10
5. L'entrepôt MD1.....	11
5.1. Les caractéristiques de l'entrepôt.....	11
5.2. Les ressources et moyens.....	12
5.2.1. Les ressources humaines.....	12
5.2.2. Les moyens matériels.....	12
5.3. Les différentes zones de l'entrepôt.....	12
II. Audit de l'entrepôt MD1.....	13
1. Définition.....	13
2. Choix du référentiel.....	14
3. La démarche de l'audit.....	14
4. Résultats et analyses.....	15
4.1. Résultats.....	15
4.2. Analyse.....	15
Conclusion.....	17

Chapitre II : Les fondements du Lean Six Sigma	18
Introduction.....	19
I. Le Lean.....	19
1. Présentation.....	19
2. Les concepts fondamentaux.....	20
2.1. L'élimination des gaspillages.....	20
2.2. Le juste à temps.....	20
2.3. Le Kaizen ou l'amélioration continue.....	20
3. Le déploiement.....	20
4. Les domaines d'application.....	21
5. Les limites	22
II. Le Six Sigma.....	22
1. Présentation	22
2. Concepts fondamentaux.....	23
2.1. La satisfaction du client.....	23
2.2. Réduction de la variabilité des Processus.....	23
2.3. La mesure.....	24
3. Le déploiement	24
4. Les domaines d'application.....	26
5. Les limites	26
III. Le Lean Six Sigma.....	27
1. Complémentarité du Lean avec Six Sigma.....	27
1.1. Pourquoi le Lean requiert Six Sigma.....	28
1.2. Pourquoi Six Sigma requiert le Lean.....	29
2. Les cinq lois du Lean Six Sigma.....	30
3. Les domaines d'application.....	31
Conclusion.....	31
Chapitre III : Le déploiement du Lean Six Sigma	32
Introduction.....	33
I. Etape 1 : Définir.....	33
1. But de l'étape.....	33
2. Conduite de l'étape.....	33

2.1. Prédéfinition du projet.....	34
2.2. La définition du projet.....	34
2.2.1. La cartographie des processus.....	35
2.2.2. L'identification de la voix du client.....	36
2.2.3. Rédaction des chartes de projet.....	45
II. Etape 2 : Mesurer.....	45
1. But de l'étape.....	46
2. Conduite de l'étape.....	46
2.1. L'analyse du système de mesure.....	46
2.2. Mesurer le processus.....	49
2.3. Calcul du niveau sigma.....	50
III. Etape 3 : Analyser.....	52
1. But de l'étape.....	52
2. Conduite de l'étape.....	53
2.1. L'analyse statistique.....	53
2.1.1. L'analyse comportementale.....	53
2.1.2. L'analyse relationnelle.....	53
2.2. L'analyse Lean.....	53
IV. Etape 4: Innover/Améliorer.....	54
1. But de l'étape.....	54
2. Conduite de l'étape.....	55
2.1. Génération de solutions.....	55
2.2. L'expérimentation.....	55
2.3. Analyse des risques.....	55
2.4. Planification de la mise en œuvre de la solution.....	56
V. Etape 5 : Contrôler.....	56
1. But de l'étape.....	56
2. Conduite de l'étape	56
Conclusion.....	57
Chapitre IV : Réalisation de l'étape de Définition.....	58
Introduction.....	59
I. Prédéfinition du projet.....	59

II.	Définition du projet.....	59
1.	La cartographie des processus.....	60
1.1.	Le processus de commande.....	60
1.2.	Le processus de réception.....	61
1.3.	Le processus d'expédition.....	62
1.4.	Le processus d'inventaire.....	62
1.5.	Le processus de transfert de matériel (FMT).....	63
2.	L'identification de la voix du client.....	64
2.1.	L'identification des clients.....	64
2.2.	La collecte des données.....	64
2.3.	Analyse des besoins clients.....	65
2.4.	Transformation des besoins clients.....	66
3.	Rédaction des chartes de projet.....	71
III.	Schéma directeur.....	73
	Conclusion.....	76
	Chapitre V :Amélioration de la fiabilité de l'inventaire.....	77
	Introduction.....	78
I.	Etape de mesure.....	78
1.	Analyse du système de mesure.....	78
1.1.	Conduire l'étude Gage R&R.....	79
1.2.	Analyse des résultats obtenus par les opérateurs.....	80
1.3.	Analyse de notre comptage.....	83
2.	Mesurer les processus.....	83
2.1.	Analyse des causes.....	83
2.2.	Mise en œuvre d'une campagne de relevés.....	85
3.	Calcul du niveau Sigma.....	85
II.	Etape d'analyse.....	88
1.	Analyse du comportement de Y et des X.....	88
2.	Analyse des relations.....	90
	Conclusion.....	98
	Chapitre VI : Amélioration du temps de service.....	99
	Introduction.....	100

I.	Etape de mesure et d'analyse.....	100
1.	Choix de la famille de produits.....	100
2.	Dessin de l'état actuel.....	101
3.	Analyse des cartographie VSM.....	106
II.	Etape Innover/ Améliorer (Projet I et III).....	108
1.	Dessin de l'état futur.....	109
2.	Les solutions techniques proposées.....	111
2.1.	Réduire la charge à travers l'entreposage aux points d'utilisation avec système kanban.....	111
2.2.	Réduire le temps de picking en optimisant l'affectation des articles.....	115
	Conclusion.....	123
	Chapitre VII : Optimisation des stocks.....	124
	Introduction.....	125
I.	Mesurer.....	125
1.	Analyse des causes.....	126
2.	Calcul du niveau sigma.....	128
II.	Analyser.....	130
1.	Analyse de la politique de réapprovisionnement.....	131
1.1.	Caractérisation de la politique actuelle.....	131
1.2.	Analyse de l'adaptation de la politique au contexte de l'entreprise.....	132
2.	Analyse des hypothèses.....	133
2.1.	Hypothèses sur la demande et le délai de livraison.....	133
2.1.	Hypothèse sur la demande durant le délai de livraison.....	134
III.	Améliorer.....	136
1.	Présentation du modèle proposé.....	136
2.	Simulation.....	137
2.1.	Analyse du problème.....	137
2.2.	Construction et programmation du modèle.....	137
2.3.	Expérimentation sur le modèle.....	138
2.4.	Analyse des résultats et conclusions.....	139
	Conclusion.....	142
	Conclusion générale.....	143

Table des matières

Bibliographie.....	146
Annexes.....	151

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1. Organisation de Schlumberger NAG (Schlumberger, 2012).....	6
Figure I.2. Principaux acteurs de la chaîne logistique de Schlumberger NAG.....	7
Figure I.3. Organisation de Materials Management et les compétences requises pour chaque niveau hiérarchique (Schlumberger, 2013).....	9
Figure I.4. Zone de stockage dédiée au segment de Smith.....	13

Chapitre II

Figure II.1. Le cycle DMAIC.....	24
Figure II.2. Complémentarité entre Lean et Six Sigma (Pillet, 2004).....	27

Chapitre III

Figure III.1. Superposition des voix du client et du processus (Gougue, 1997, page 96).....	37
Figure III.2. Maison de la qualité avec ses 6 chambres.....	42
Figure III.3. Décomposition de la dispersion vue (Pillet, 2004, page 106).....	47
Figure III.4. Répétabilité et reproductibilité (Pillet, 2004, page 35).....	48
Figure III.5. Différentes approches de calcul de Z.....	52
Figure III.6. Étape Analyser : un entonnoir à X (Pillet, 2004, page 41).....	52
Figure III.7. Déroulement d'une VSM.....	54

Chapitre IV

Figure IV.1. Cartographie SIPOC du processus de commande.....	61
Figure IV.2. Cartographie SIPOC du processus de réception.....	61
Figure IV.3. Cartographie SIPOC du processus d'expédition.....	62
Figure IV.4. Cartographie SIPOC du processus d'inventaire.....	63
Figure IV.5. Cartographie SIPOC du processus FMT.....	63
Figure IV.6. Première maison de qualité (HOQ 1).....	67
Figure IV.7. Deuxième maison de qualité (HOQ 2).....	68
Figure IV.8. Troisième maison de qualité (HOQ 3).....	70
Figure IV.9. Digramme Pareto pour les métriques.....	71

Chapitre V

Figure V.1. Résultats analytiques du gage R&R pour les opérateurs de l'inventaire tournant.....	80
Figure V.2. Résultats analytiques du gage R&R pour les opérateurs de l'inventaire.....	81
Figure V.3. Cartes de contrôle \bar{X} et R par opérateur.....	82
Figure V.4. Résultats du comptage par articles.....	82
Figure V.5. Résultats de notre Gage R&R.....	83

Figure V.6. Première carte de contrôle P.....	87
Figure V.7. Deuxième carte de contrôle P.....	87
Figure V.8. Résumé de l'analyse comportementale de la variable Y.....	89
Figure V.9.a. Diagramme de dispersion entre les variables Y et X1.....	91
Figure V.9.b. Diagramme de dispersion entre les variables Y et X2.....	91
Figure V.9.c. Diagramme de dispersion entre les variables Y et X3.....	91
Figure V.10.a. Diagramme de dispersion entre les variables Y, X1 et X4.....	93
Figure V.10.b. Diagramme de dispersion entre les variables Y, X2 et X5.....	93
Figure V.11. Première estimation du modèle de régression sur Minitab.....	94
Figure V.12. Deuxième estimation du modèle de régression sur Minitab.....	95
Figure V.13. Graphe du test d'homoscédasticité (Dispersion des points).....	95

Chapitre VI

Figure VI.1.a. VSM 1 du processus d'expédition : commande en format papier.....	106
Figure VI.1.b. VSM 2 du processus d'expédition : commande en format électronique.....	106
Figure VI.2. VSM Future: Nouvelle organisation du processus d'expédition.....	109
Figure VI.3. Etiquettes Kanban	114
Figure VI.4. Système Kanban à double bacs	114
Figure VI.5. Caisse à Kanban.....	115
Figure VI.6. Distribution du temps de Picking (Mersha, 2013, page 4).....	116

Chapitre VII

Figure VII.1. Carte de contrôle P : Echantillon initial.....	129
Figure VII.2. Carte de contrôle P : Echantillon réduit.....	130
Figure VII.3. Evolution des stocks dans la politique (r, Q) (Babai, 2005, page 14).....	131
Figure VII.4. Modèle de simulation.....	138
Figure VII.5. Evolution des stocks dans la politique (r, Q) : demande et délai de livraison déterministes.....	138

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I.1. Caractéristiques générales de l'entrepôt.....	11
Tableau I.2. Mode de codification.....	13
Tableau I.3. Clés de lecture des résultats de l'audit.....	15
Tableau I.4. Résultats globaux de l'audit par famille de questions.....	15

Chapitre II

Tableau II.1. Apports complémentaires de Lean et de Six Sigma dans le Lean Six Sigma.....	29
---	----

Chapitre III

Tableau III.1. Définitions des différents types de cartographie (Pillet, 2004 ; Cattan et al, 2008 ; Furtener, 2009).....	35
Tableau III.2. Etapes de la voix du client et leurs outils.....	37
Tableau III.3. Forces et faiblesses des méthodes de collecte des données (Zikmund et al, 2012 ; Ehrlich, 2002 ; Hennink, 2007 ; Scheuren, 2004).....	39
Tableau III.4. Principales caractéristiques d'un processus de mesures.....	47
Tableau III.5. Tableau de données.....	50

Chapitre IV

Tableau IV.1. VOCT du segment REW.....	65
Tableau IV.2. Besoins synthétisés des clients avec leurs définitions.....	65
Tableau IV.3. Pondération des besoins des clients.....	66

Chapitre V

Tableau V.1. Plan de collecte de données.....	84
Tableau V.2. Calcul de Z avec un intervalle de confiance.....	87
Tableau V.3. Matrice des corrélations.....	92

Chapitre VI

Tableau VI.1. Proportions du temps de picking et du temps de déplacement dans celui du processus et du service.....	107
Tableau VI.2. Contribution des articles dans la demande.....	111

Chapitre VII

Tableau VII.1 Niveau de performance du processus de commande.....	130
Tableau VII.2. Calcul de coefficient de variation(CV).....	134
Tableau VII.3. Résultats de la simulation.....	140

Liste des abréviations

CTQ : Critical To Quality

CV : Coefficient de variation

DMAIC : Définir, Mesurer, Analyser, Innover et Contrôler

DPMO : Défauts Par Million d'Opportunités

DPU : Défauts Par Unités

DSOH : Day Stock On Hand

FMT : Field Material Transfer

GOLD: Global Oilfield Logistics & Distribution

HOQ: House Of Quality

JAT : Just à temps

LSS : Lean Six Sigma

M&S: Material and Supplies

MIT: Massachusetts Institute of Technology

MM : Materials Management

MSP : Maîtrise Statistique des Procédés

NAG: North Africa Geomarket

QFD: Quality Function Deployment

R&D : Recherche & Développement

R&R : Repeatability & Reproducibility

RDC: Redistribution Centre

RF: Requisition Form

SWPS: Schlumberger Web based Procurement System

VMI: Vendor Managed Inventory

VOCT: Voice Of Customer Table

VSM: Value Stream Mapping

WIP: Work-In-Process

WMS : Warehouse Management System

« Lorsque vous pouvez mesurer ce dont vous parlez et l'exprimer par un nombre, vous en connaissez quelque chose. »

Lord KELVIN (1891)

Introduction générale

Dans le contexte économique actuel de globalisation des échanges et d'intensification de la concurrence, les entreprises sont en perpétuel mouvement afin de conserver les places qu'elles occupent sur le marché. La Supply Chain est sans nul doute l'élément le plus important au sein de l'entreprise car, par son organisation centrée sur la demande des clients, elle permet de se différencier et de disposer d'un avantage concurrentiel majeur avec comme objectifs, entre autres : l'optimisation et réduction des stocks, l'amélioration de la flexibilité et de la réactivité, l'optimisation des moyens logistiques.

Détenant une position dominante dans le secteur des services pétroliers, qui n'échappe pas à ce contexte de compétitivité, Schlumberger s'est adaptée en créant toute une organisation complexe, considérée comme la plus grande dans son secteur, pour piloter la chaîne logistique et optimiser l'ensemble des flux qui la traverse. Mais pour que cette organisation puisse atteindre ses objectifs et remplir sa mission, il est important que l'ensemble des fonctions qui la composent alignent leurs objectifs à ceux de cette organisation globale. L'une des fonctions, s'intégrant dans cette grande organisation, que Schlumberger a récemment créée pour contribuer à l'atteinte des objectifs de sa chaîne logistique est celle du Materials Management.

En effet, Schlumberger utilise différentes technologies pour réaliser ses services et des milliers de consommables et de pièces de rechange pour que ces technologies soient maintenues. Tous ce matériel et ces consommables représentent une très grande partie du capital de l'entreprise et leur disponibilité influe directement sur ses résultats en impactant les coûts et les délais des services qu'elle fournit. Alors que la gestion de ce matériel était par le passé décentralisée, l'entreprise a mis en œuvre une stratégie de centralisation conduisant ainsi à la création de cette nouvelle fonction qui aura pour mission d'assurer une gestion optimisée des flux physiques à travers un réseau d'entrepôt en étroite collaboration.

Cependant force est de constater qu'après quatre années d'existence, le Materials Management dans la région Nord-Africaine n'est pas parvenu à atteindre les objectifs qu'il s'est fixés. En effet, si on considère l'objectif de réduction des coûts, le département est encore loin de son atteinte avec un taux de couverture qui dépasse les deux années, ce qui laisse deviner un excès de stockage. De plus, en termes de qualité de service, et d'après des

sondages réalisés périodiquement au sein de l'entreprise où les différents clients internes évaluent les performances des fonctions de support, ce département est à la traîne se situant à l'avant dernière place parmi tous les départements et les services de la compagnie. Suite à ses faibles performances, ce département subit des pressions de la part de la hiérarchie et de ses clients pour trouver des solutions à tous les problèmes qu'il rencontre. Loin d'être insensible à cette situation, le Materials Management n'arrive toujours pas à améliorer ses performances. Une des raisons essentielles est l'augmentation de l'activité, qui fait que le travail se fait toujours dans l'urgence et que les solutions apportées sont souvent superficielles.

C'est dans ce contexte que le Management de la chaîne logistique nous a orienté vers le département du Matériels Management afin d'identifier les causes des dysfonctionnements, de les prioriser et de proposer les solutions adéquates.

Pour répondre à ces objectifs, nous avons effectué un audit en vue de recenser l'ensemble de dysfonctionnements et d'insuffisances. Cependant, l'analyse des résultats de l'audit nous a orientés vers la nécessité de recourir à une démarche globale qui puisse, démarrer des objectifs stratégiques de la fonction Materials Management et des exigences de ses clients pour pouvoir déboucher sur des solutions adéquates après avoir effectué des mesures pertinentes et quantifiées et une analyse profonde des causes des dysfonctionnement. De plus, cette démarche devrait aussi conduire à éliminer les gaspillages, réduire les inventaires et les temps de cycle, ce qui se traduirait par une accélération des flux, une réduction des coûts et une meilleure réactivité de la chaîne logistique.

La démarche qui permettait de réaliser au mieux ces objectifs est l'application conjointe du Lean et du Six Sigma à travers la forme hybride Lean Six Sigma (LSS).

Ainsi, le présent travail s'articule autour de deux parties :

- 1) La première partie, comportant trois chapitres, est consacrée à l'étude de l'existant et à l'état de l'art.

Dans le premier chapitre, il y a une brève présentation de Schlumberger dans le monde, de sa filiale dans le nord-africain, de la chaîne logistique de cette filiale ainsi que de la fonction Materials Management, objet de notre étude. Une synthèse des résultats de l'audit utilisé ainsi que les conclusions qui nous ont orientés vers l'utilisation de la démarche Lean Six Sigma y sont présentés

Le second chapitre aborde, dans un premier temps, les fondements de Lean Six Sigma en présentant séparément le Lean et Six Sigma, puis dans un second temps, présente la complémentarité entre ces deux démarches d'amélioration.

Le troisième chapitre, quant à lui présente le déploiement de Lean Six Sigma à travers la présentation des différentes étapes, de leurs objectifs et des outils auxquels nous avons fait appel dans ce travail.

- 2) La deuxième partie, comportant quatre chapitres, est consacrée à la présentation des résultats obtenus après le déploiement de Lean Six Sigma au sein du Materials Management de Schlumberger Nord-Africain.

Le quatrième chapitre regroupe les résultats obtenus lors de déroulement de l'étape de définition du cycle DMAIC à l'issue de laquelle, trois projets ont été identifiés comme prioritaires, sur la base des besoins des clients. A chacun de ces projets est dédié chacun des chapitres restants.

Le cinquième chapitre est consacré à l'étude du projet portant sur l'amélioration de la fiabilité de l'inventaire. Cette étude nous a permis de conclure que les améliorations de ce projet permettront aussi d'améliorer le temps de service.

Le sixième chapitre est dédié à l'étude de la réduction du temps de service. Après une analyse Lean, l'installation de l'entreposage au point d'utilisation en utilisant le système Kanban et l'optimisation de l'affectation ont été proposés comme solutions pour l'atteinte des objectifs de ce projet et du projet précédent.

Le septième et dernier chapitre est consacré au dernier projet visant l'optimisation des stocks. Par le biais de la simulation, on démontrera que l'entreprise pourra améliorer de façon importante sa gestion des stocks en revoyant le modèle sur lequel se base le calcul du point de commande.

Enfin, ce mémoire s'achèvera sur une conclusion générale présentant les apports pratiques et théoriques du travail réalisé et ouvrant le champ à de nouvelles problématiques.

Chapitre I : Etude de l'existant

Introduction

Ce premier chapitre est organisé en deux parties. Dans la première partie, nous présenterons sommairement le groupe Schlumberger dans le monde, avant de nous intéresser plus particulièrement à sa filiale dans le Nord-Africain : Schlumberger NAG, qui sera mise en évidence à travers les principaux acteurs de sa chaîne logistique. Par la suite, nous présenterons en détail l'un des piliers de cette chaîne : la fonction Materials Management, objet de notre étude, en précisant son rôle stratégique et vital dans cette chaîne, à travers le pilotage d'un réseau d'entrepôts. Enfin, nous présenterons l'un des plus grands et importants entrepôt au niveau du Nord-Africain, géré par le Materials Management : l'entrepôt MD1.

Dans la seconde partie, nous procéderons à l'évaluation des performances de la fonction Materials Management à travers la qualité de la gestion mise en place au niveau de l'entrepôt MD1, en faisant appel à un audit couvrant tous les aspects liés à la gestion des entrepôts et basé sur les bonnes pratiques des entreprises leaders.

I. Présentation de la Société Schlumberger



1. Schlumberger dans le monde (Worldwide)

L'entreprise Services Pétroliers Schlumberger est une filiale de la plus grande multinationale de services pétroliers, Schlumberger, aux côtés d'autres filiales du groupe comme WesternGeo ou Services d'Informations Schlumberger. Spécialisée dans les services pétroliers, qui représentent un peu plus de 80% de l'activité du groupe, l'entreprise se positionne à la première place mondiale des prestataires de services pétroliers.

Au 31 décembre 2013, elle employait près de 123.000 collaborateurs de plus de 140 nationalités, dans près de 85 pays. Son chiffre d'affaires pour l'exercice 2013 était de 45,27 milliards USD contre 41,73 milliards USD en 2012 (Schlumberger, 2014). Les principaux sièges de Schlumberger sont basés à Paris, Houston et La Haye.

Schlumberger gère ses activités par le biais de Groupes, chaque Groupe se compose de plusieurs lignes de produits et services technologiques, appelées « Technologies » ou « Segments des opérations ». Ces Technologies couvrent toute la durée de vie d'un réservoir et correspondent à différents marchés dans lesquels Schlumberger détient plusieurs positions dominantes.

Les activités de Schlumberger sont segmentées en quatre zones géographiques : Amérique du Nord, Amérique latine, Europe/Afrique et Moyen-Orient/Asie.

Chaque région est composée de plusieurs Geomarkets qui offrent aux clients un point de contact local unique pour leurs opérations et mobilisent des équipes régionales pour répondre aux besoins locaux et proposer des solutions sur mesure.

2. Schlumberger North Africa Geomarket (NAG)

Schlumberger North Africa Geomarket (NAG) regroupe quatre pays : l'Algérie, la Tunisie, le Niger et le Mali. Son siège principal se trouve à Alger. Les activités du groupe dans le Nord-Africain sont divisées en deux grandes entités de technologies : Service Pétrolier Schlumberger (SPS) et Compagnie d'Opérations Pétrolières Schlumberger (COPS), toutes deux soutenues par les mêmes fonctions de support (Figure I.1).

Ses clients les plus importants sont : SONATRACH, British Petroleum (BP), AGIP, ANADARKO, et TOTAL (Schlumberger, 2012).

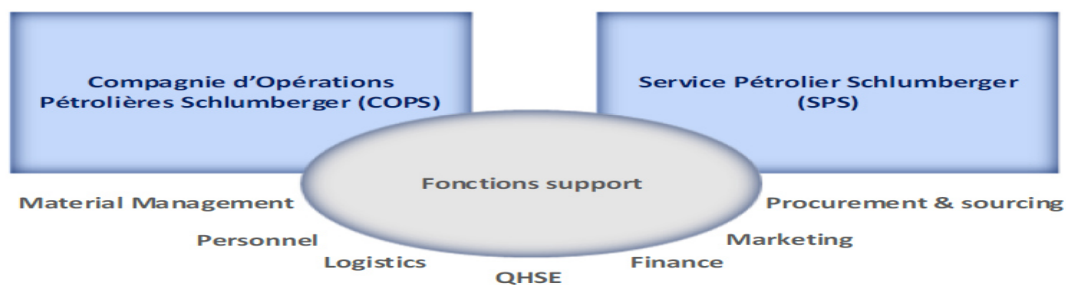


Figure I.1. Organisation de Schlumberger NAG (Schlumberger, 2012)

3. Les principaux acteurs de la chaîne logistique NAG

Afin de préserver sa position dominante sur le marché des services pétroliers et de répondre aux besoins de ses clients, Schlumberger dispose de la plus large chaîne logistique dans son secteur. Cette chaîne, qui relie l'entreprise à ses clients, à ses fournisseurs mais aussi à ses différentes locations dispersées à travers le monde entier, est soutenue par une organisation complexe qui gère et optimise les différents flux qui la traversent.

Dans la chaîne logistique de Schlumberger NAG, on distingue principalement trois types d'acteurs : les fournisseurs, les différents segments qui opèrent sur les champs pétroliers, et enfin les organisations et services de logistiques.

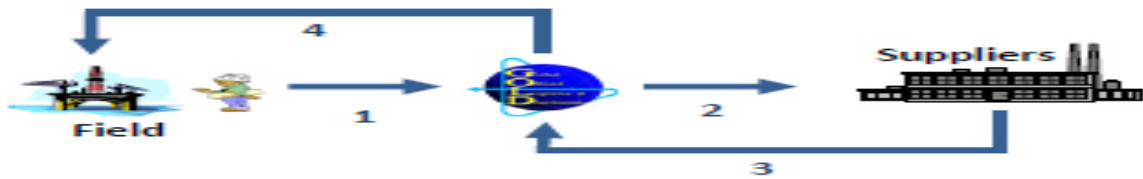


Figure I.2. Principaux acteurs de la chaîne logistique de Schlumberger NAG

3.1. Les fournisseurs

Sous le terme fournisseur (supplier), Schlumberger inclut deux types d'acteurs : les fournisseurs qui font partie de la compagnie et ceux qui lui sont externes.

- **Les fournisseurs internes** sont des centres de production qui appartiennent à l'entreprise et qui produisent une technologie qui lui est propre.
- **Les fournisseurs externes** sont des entreprises qui sont étrangères à Schlumberger et qui établissent des contrats avec elle.

3.2. Les segments opérationnels

Pour répondre aux besoins et aux exigences de ses clients, Schlumberger a établi des bases qui réunissent ses différents segments à proximité de ses clients opérant sur les champs pétroliers. A chacun de ces segments est attribuée la mission de réaliser un ou plusieurs services parmi la large gamme de services que propose Schlumberger. Parmi ces segments, on peut citer : D&M (Drilling & Measurement) qui s'occupe de forage et des mesures, Oil Phase qui est chargé de l'analyse des échantillons de pétrole, WIS, Testing, Sahara, Completion, et Artificial Lift.

3.3. Les organisations et les services logistiques

Pour acheminer les équipements, le matériel et les pièces depuis le fournisseur jusqu'aux segments opérationnels, Schlumberger a mis en place un ensemble d'entités et de services qui supervisent et gèrent tous les aspects liés à la logistique, chacun dans son domaine géographique et dans ses compétences respectives. Ces principales entités sont décrites ci-après.

3.3.1. GOLD (Global Oilfield Logistics & Distribution)

Lorsque Schlumberger NAG s'approvisionne à partir d'un fournisseur international, une entité faisant partie de Schlumberger Worldwide assure le contact entre ce dernier et

Schlumberger NAG. Cette entité est représentée par GOLD et est localisée dans 4 principales plateformes (Hubs) à travers le monde (Huston, Singapour, Dubaï, Rotterdam).

3.3.2. Geomarket Supply Chain

En plus de l'organisation logistique globale GOLD, Schlumberger NAG dispose de différents départements et entités qui prennent en charge l'approvisionnement des segments dans le cas d'un fournisseur local. De plus, ils assurent le suivi et l'acheminement des articles envoyés par GOLD. Ces départements sont les suivants :

- **Le Procurement** : qui assure la satisfaction des besoins en fournitures locales et la création des bons de commande pour les articles ou services des fournisseurs identifiés par l'équipe de sourcing.
- **Le Sourcing** : qui a pour mission la recherche, la localisation et l'évaluation des fournisseurs, afin de répondre à un besoin identifié (en matière de biens ou de services tels les produits chimiques, les pièces détachées, les équipements, le service informatique, etc...). Son objectif est l'amélioration de la qualité, des délais d'approvisionnement et la réduction des coûts.
- **Le Materials Management** : qui est concerné par la planification, l'organisation et le contrôle des flux de matières depuis l'approvisionnement jusqu'à la consommation. Il a donc pour mission de répondre aux besoins des différents segments tout en minimisant les coûts de stockage.
- **La Logistique** : c'est le département en charge de la logistique de Schlumberger NAG. Il gère les flux physiques de l'entreprise et a comme objectif de mettre à disposition les ressources matérielles répondant aux besoins des segments des opérations.

4. La fonction Materials Management

Le Materials Management (MM) est l'un des quatre piliers de la chaîne logistique de Schlumberger NAG (la Logistique, le Material Management, le Procurement et le Sourcing). Cette organisation est jeune au sein de Schlumberger NAG puisqu'elle a été créée en 2009 afin de centraliser la gestion des flux physiques (matériels, pièces de rechange, consommables) à travers un réseau d'entrepôts en étroite collaboration. Chaque entrepôt abrite différents types de matériels selon l'activité opérationnelle réalisée dans la région où il

se trouve. Les principales zones de locations de ces entrepôts sont situées en Algérie (Hassi-Messaoud, In-Amenas, Hassi-R 'Mel et Hassi-Berkine) et en Tunisie (Sfax).

4.1.Organisation de MM

Afin de remplir plus efficacement ses missions, le Materials Management est doté d'une organisation en différents niveaux hiérarchiques où les rôles et les responsabilités sont clairement définis et les champs d'intervention bien tracés.

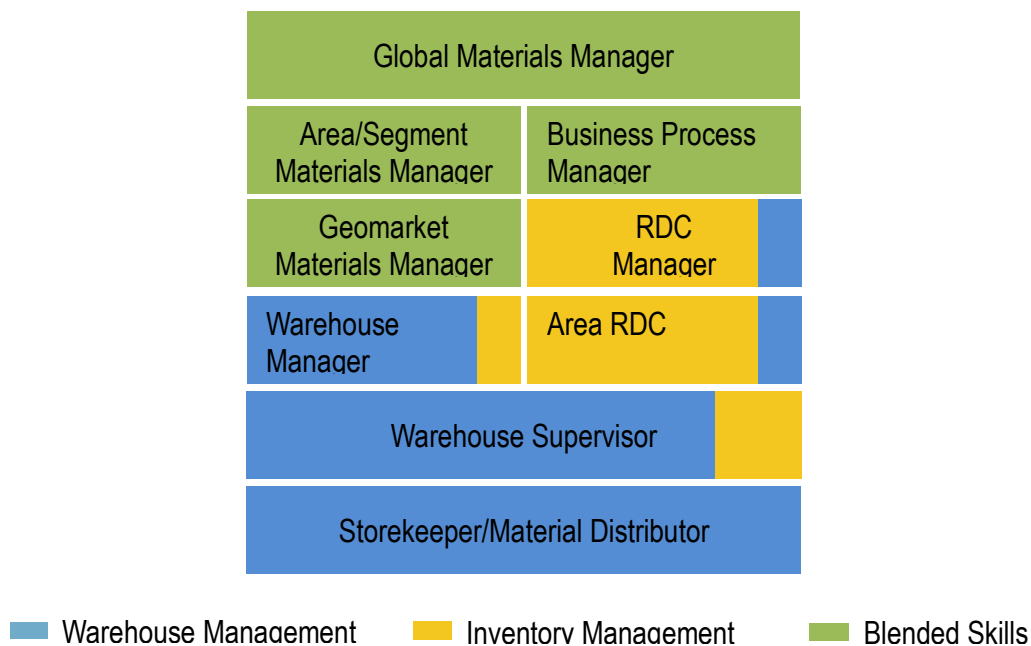


Figure I.3. Organisation de Materials Management et les compétences requises pour chaque niveau hiérarchique (Schlumberger, 2013)

4.2.Le rôle de MM

La fonction Materials Management a pour missions la planification, l'organisation et le contrôle des flux de matières et les flux d'informations associés. Afin d'accomplir cette mission, le Materials Management a pour charge trois fonctions principales.

- **La gestion des stocks (Inventory Management)** qui consiste à planifier, organiser, diriger et contrôler les activités relatives à tous les stocks de matières gardés dans l'entreprise. Elle est chargée des principales tâches suivantes :
 - Réapprovisionner les stocks de l'entreprise afin de fournir aux segments les articles nécessaires à leurs opérations ;
 - Eviter les ruptures de stocks et les sur-stockages.

- **La gestion de l'entrepôt (Warehouse Management)** est au «service» de la gestion des stocks. Elle a pour rôle principal le pilotage de l'entrepôt à travers l'accomplissement des tâches de gestion physique suivantes:
 - Réceptionner et vérifier les articles commandés ;
 - Gérer l'affectation des articles dans l'espace de stockage ;
 - Gérer les expéditions ;
 - Contrôler l'inventaire.
- **La gestion des centres régionaux de distribution (RDC)**, qui sont des centres de transit faisant appel entre autres aux deux fonctions précédentes. En l'absence de ces centres dans le nord-africain, la fonction MM est chargée uniquement des deux premières fonctions.

4.3. Les Types de matériel et systèmes d'information

4.3.1. Type de matériel

La fonction Materials Management a été créée afin de gérer les différents flux de matières qui traversent la chaîne logistique. Sur le plan comptable, la compagnie distingue trois types de matières.

- **Asset** est une ressource économique qui peut être matérielle ou immatérielle pouvant faire l'objet d'une possession ou d'un contrôle pour produire de la valeur. On peut intégrer dans cette catégorie les moyens de transport, de levage, de forage et de mesure.
- **Financial Inventory** est un produit vendu à un client comme tel ou vendu en tant qu'élément du service réel au client. Comme exemple, on peut citer les explosifs, les produits chimiques et la boue de forage.
- **Materials and Supplies (M&S)** est un produit qui est utilisé pour réparer les investissements et qui est inscrit dans le Profit & Loss Statement une fois le processus de réception exécuté. Comme exemple on peut citer les pièces de rechanges et les graisses.

4.3.2. Systèmes d'information

Pour bien gérer tous les différents matériels et répondre aux besoins des segments opérationnels, la fonction MM dispose principalement de deux types de système d'information.

- **SWPS (Schlumberger Web based Procurement System):** ce système dont l'objectif est d'assurer une gestion efficace des cycles de commandes relatifs aux produits et aux services, est utilisé seulement pour l'approvisionnement des segments des opérations.
- **OFS Stores :** ce système est dédié à la gestion des entrepôts c'est-à-dire le WMS. Pour les références stockées dans l'entrepôt, les commandes sont lancées à partir de ce système et passent ensuite automatiquement dans le SWPS. Il constitue une interface entre l'entrepôt et les segments qui sont ses clients.

5. L'entrepôt MD1

L'entrepôt est situé dans la base MD1 à Hassi Messaoud et est opérationnel depuis début août 2012. C'est l'entrepôt le plus important du NAG, puisqu'il contient plus de 70% de la totalité des M&S de cette région. De plus, cet entrepôt est la première expérience de mise en œuvre de la stratégie de centralisation du matériel au NAG. En effet, avant 2012, les stocks étaient gérés dans des magasins, annexés à chaque segment opérationnel, où étaient entreposés uniquement les pièces de rechange et les consommables entrants dans le cœur de métier du segment. Cet entrepôt est donc le résultat de la centralisation de tous ces magasins en un seul lieu et dont la gestion est assurée par la fonction de Materials Management.

5.1. Les caractéristiques de l'entrepôt

Le Tableau I.1 résume les caractéristiques principales de l'entrepôt MD1.

Tableau I.1. Caractéristiques générales de l'entrepôt

Caractéristique	Description
La capacité de stockage	13000 références
La position sur la chaîne logistique	En amont de la chaîne des opérations. (Magasin fournisseur)
Le caractère hétérogène	L'entrepôt reçoit des articles de diverses natures.
La température interne	26 C°

5.2. Les ressources et moyens

5.2.1. Les ressources humaines

Le fonctionnement de l'entrepôt de MD1 est assuré par un manager, deux superviseurs, un pour les Inventory et l'autre pour les M&S, et huit magasiniers. L'équipe des magasiniers est divisée en deux groupes :

- Une équipe de front office qui est chargée du processus de réception, d'expédition et de l'inventaire tournant ;
- Une équipe de back office qui est chargée du processus de réapprovisionnement et du transfert de matériels entre les locations.

5.2.2. Les moyens matériels

Il existe deux types de moyens matériels, ceux de la manutention et ceux du stockage. Les moyens de manutention dont dispose l'entrepôt sont : quatre chariots, deux transpalettes et un gerbeur. Quant aux moyens de stockage, ils sont de deux types : des racks où le matériel est stocké dans des bacs et des armoires pour les pièces de faibles tailles.

5.3. Les différentes zones de l'entrepôt

L'entrepôt, composé de deux étages, est organisé en forme de U, c'est-à-dire que l'entrée et la sortie de l'entrepôt sont confondues. L'entrepôt est divisé principalement, en fonction des flux de marchandises qui le traversent, en quatre zones distinctes.

- **La zone de réception** accueille les articles en provenance des fournisseurs suite à leur déchargement dans l'attente de les mettre dans la zone de stockage. Dans cette zone, se trouvent une partie de surface qui est dédiée au contrôle de réception et une autre pour le stockage des produits non conformes.
- **La zone de stockage** est la partie la plus importante de l'entrepôt. Elle est subdivisée en un ensemble d'emplacements, comprenant un certain nombre d'étagères, chaque emplacement correspondant à un segment opérationnel.



Figure I.4. Zone de stockage dédiée au segment de Smith

En plus de ces emplacements, il existe un emplacement dédié au stockage des produits chimiques et tout autre produit sensible aux conditions de température et d'humidité.

♦ **Le mode de stockage**

Le mode de stockage en cours est celui de l'affectation dédiée, qui consiste à donner à une référence toujours le même emplacement dans l'entrepôt. Ainsi, on affecte chaque article selon son segment à des emplacements qui sont codifiés par un code alphanumérique à trois caractères (Exemple : AB3) :

Tableau I.2. Mode de codification

Première lettre	Deuxième lettre	Un chiffre
La ligne d'étagère	La colonne	Le niveau sur la colonne

- **La zone d'expédition** est confondue avec la zone de réception. Après prélèvement des articles demandés, les commandes sont préparées dans cette zone puis expédiées.
- **La zone de transit** est dédiée au stockage des articles qui sont uniquement en transit vers d'autres locations.

II. Audit de l'entrepôt MD1

1. Définition

Un audit est une procédure qui consiste à vérifier la qualité d'une fonction ou d'un service à l'intérieur d'une entreprise. Dans l'audit d'un entrepôt, il va s'agir de vérifier que pour chacune des activités : réception, mise en stock, préparation des commandes, etc..., tous les principes d'optimisation ont été mis en œuvre, que les moyens les mieux adaptés sont utilisés et que toutes les règles de sécurité sont respectées (Roux, 2010).

2. Choix du référentiel

Pour mener à bien l'audit, il est nécessaire de se baser sur un référentiel permettant de mieux le guider. Un référentiel est un système d'évaluation composé de normes auxquelles sont rapportés les indicateurs de l'entreprise auditée. Il constitue une base de comparaison indispensable à la formulation du jugement (Zellal, 2009).

L'audit utilisé pour évaluer la performance de l'entrepôt MD1 est celui qui a été réalisée par Michel Roux (Roux, 2010). Notre choix pour cet audit est basé sur les raisons suivantes.

- L'audit est assez détaillé pour pouvoir mesurer la qualité de la gestion d'un entrepôt, puisqu'il contient plus de 150 questions couvrant tous les aspects. Ce qui n'est pas le cas d'autres référentiels de l'évaluation logistique tels qu'ASLOG ou le modèle SCOR. En effet, ces derniers fournissent une appréciation de la performance d'un entrepôt dans un cadre général de l'étude de la chaîne logistique, avec un nombre réduit de questions d'ordre général ne permettant pas d'affiner l'analyse; par exemple l'audit ASLOG ne contient que 2 ou 3 questions concernant l'intra logistique.
- L'audit a été expérimenté sur plusieurs dizaines de sites. Il a, à chaque fois, permis des progrès notables et, le plus souvent, très rapides (Roux, 2010).

3. La démarche de l'audit

L'audit est composé de sept grandes familles de questions: les règles d'exploitation, le logiciel de gestion d'entrepôt, les tableaux de bord, l'identification automatique, la signalétique, l'intégration dans la chaîne logistique et les actions de progrès en cours.

Certaines questions peuvent être sans objet pour le site et il n'y a donc pas lieu d'en tenir compte. Pour la plupart des questions, quatre réponses sont proposées correspondant chacune à un niveau de qualité ou de performance. Ces réponses sont assorties d'un nombre de points allant de 0 à 3. Quelques questions n'ont que deux réponses possibles qui ne peuvent être que oui ou non, sans nuance. Suivant l'usage que l'on désire faire de cette évaluation, il est possible de personnaliser la grille de notation en pondérant les questions (Tableau I.3).

Lorsque l'on aura répondu à toutes les questions d'une rubrique, l'on additionnera la somme des points obtenus. Cette somme pourra être comparée à la somme maximale qu'il

aurait été possible d'obtenir, en éliminant les questions sans objet. Cette comparaison permettra de mesurer les efforts à déployer pour «être dans les meilleurs de la classe» (Roux, 2010).

Tableau I.3. Clés de lecture des résultats de l'audit

	Sans objet pour le site	Note maximale	Coefficient de la question	Note attribuée	Note pondérée	Note maximale pondérée
Questions	SO	NMR	K	NR	NP	NMP
Se tient-on bien informé de l'actualité de la profession ?	1	3	1		0	3
Dispose-t-on de références théoriques ?	1	3	1		0	3

4. Résultats et analyses

4.1. Résultats

Les questions de l'audit ont été posées principalement aux superviseurs de l'entrepôt ainsi qu'à certains magasiniers concernés par les tâches de quelques questions. Les résultats détaillés sont présentés en annexes (voir Annexe I.1 à I.6). Le Tableau I.4 résume les résultats globaux obtenus pour chaque grande famille de questions.

Tableau I.4. Résultats globaux de l'audit par famille de questions

Rubrique	Les règles d'exploitation	Le logiciel de gestion d'entrepôt	Les tableaux de bord	L'identification automatique et signalétique	L'intégration dans la chaîne logistique	Les actions de progrès en cours
Total de la rubrique	42	20	40	10	22	11
Total maximal de la rubrique	99	144	108	36	30	36
Pourcentage	42%	14%	40%	30%	73%	31%

4.2. Analyse

L'audit nous a permis d'une part de mieux comprendre le fonctionnement de l'entrepôt mais aussi son rôle principal dans la réalisation des objectifs de la chaîne logistique. D'autre part, il a mis en évidence un nombre assez important de dysfonctionnements et d'insuffisances. En se basant sur un référentiel qui a été construit sur les performances et les pratiques des meilleures entreprises, l'audit nous permis de proposer la mise en œuvre d'un certain nombre de ces pratiques pour que l'entrepôt améliore ses performances et puisse avoir l'ambition de rejoindre les meilleurs.

Ainsi, en se basant sur l'analyse des résultats de l'audit (voir Annexe I.1 à I.6), nous avons proposé le traitement d'un certains nombres de dysfonctionnements et d'insuffisances au niveau de l'entrepôt. Mais, nous avons été confrontés au départ aux interrogations suivantes :

- Les problématiques sélectionnées sont-elles plus urgentes que celles dont l'impact est le plus important?
- Si l'audit met en évidence une faible performance, n'est-il pas plus approprié d'analyser les causes pour ensuite proposer des solutions ? Autrement dit, une solution qui permet d'avoir une performance élevée dans une situation donnée, permet-elle de toujours améliorer les faibles performances constatées dans des situations différentes ?
- L'entrepôt se trouvant en amont des opérations doit fournir le meilleur service aux segments. Si on met en œuvre les solutions que préconisent l'audit, la satisfaction des clients sera-t-elle assurée pour autant? Un entrepôt performant est-il celui qui adopte les meilleures pratiques ou celui qui répond aux exigences de ses clients ?

Toutes ces interrogations ont permis de prendre conscience de la nécessité de faire appel à une démarche structurée qui conduirait à des améliorations importantes et effectives en procédant à une analyse profonde et rigoureuse de l'existant, sur la base de mesures fiables. Ceci permettrait de déterminer les causes des dysfonctionnements, de prendre en considération les objectifs à long terme et les exigences des clients pour pouvoir prioriser les actions à mener.

Dans notre recherche de la démarche qui répondrait à ces critères, la démarche Six Sigma s'est présentée comme celle correspondant parfaitement à cette description. Néanmoins, tout en étant une démarche structurée, orientée client et se basant sur l'utilisation d'outils statistiques pour la conduite d'analyse profonde, Six Sigma permet seulement la réduction de la variabilité des processus.

Toutefois, l'entrepôt joue un rôle de régulateur des délais au sein de la chaîne logistique ; il réceptionne les articles, les stocke puis les ventile vers les clients. Toutes ces opérations doivent être effectuées avec une performance maximale afin de ne pas retarder les différents délais dans la chaîne logistique tout en maîtrisant les coûts associés afin réaliser un meilleur service client. Ces contraintes nous obligent donc, dans une perspective d'amélioration, d'accélérer les processus et de réduire toutes sortes de gaspillages pour réduire les coûts. La démarche qui permet de répondre à ces exigences de réduction des délais et de maîtrise des coûts est la démarche Lean.

L'adaptation de Lean et Six Sigma à la résolution de problématiques différentes, nous a poussés à rechercher une démarche qui allie les forces de chacune d'elle et la démarche Lean Six Sigma (LSS) est celle qui répond justement à cette attente.

Conclusion

Ce chapitre nous a permis de mieux comprendre l'importance du rôle de la fonction Materials Management dans l'atteinte des objectifs de la chaîne logistique NAG de Schlumberger. Par ailleurs, l'audit réalisé a mis en évidence un nombre assez important de dysfonctionnements et d'insuffisances au niveau de cette fonction, explicités par les faibles scores obtenus, ne lui permettant pas de jouer pleinement son rôle.

Ainsi, l'analyse des résultats de l'audit nous a orientés vers la nécessité de recourir à une démarche globale qui puisse, démarrer des objectifs stratégiques de la fonction Materials Management et des exigences de ses clients (les segments opérationnels) pour pouvoir déboucher sur des solutions adéquates après avoir effectué des mesures pertinentes et quantifiées et une analyse profonde des causes des dysfonctionnement. De plus, cette démarche devrait aussi conduire à éliminer les gaspillages, réduire les inventaires et les temps de cycle, ce qui se traduirait par une accélération des flux, une réduction des coûts et une meilleure réactivité de la chaîne logistique.

La démarche qui permettait de réaliser au mieux ces objectifs est l'application conjointe du Lean et du Six Sigma à travers la forme hybride Lean Six Sigma (LSS) qui fera l'objet du chapitre qui suit.

Chapitre II :
Les fondements du Lean Six Sigma

Introduction

Le Lean Six Sigma est la rencontre de deux démarches d'amélioration continue destinées à accroître la performance : Lean & Six Sigma. Aussi et afin de cerner ses fondements, il est important de connaître les démarches desquelles il découle. L'objectif de ce chapitre est donc de présenter l'aspect théorique des approches Lean et Six Sigma afin de dégager leurs forces et faiblesses, ainsi que leur complémentarité à travers le Lean Six Sigma.

I. Le Lean

1. Présentation

Le mot « *Lean* », terme anglais qui signifie littéralement « *maigre, sans gras, mince* » a été utilisé pour qualifier un système de production spécifique à Toyota, mis au point au Japon dans les années 70. « *Lean* » n'est pas l'appellation originale du modèle japonais, mais celle donnée par les chercheurs américains du Massachusetts Institute of Technology (MIT) dans les années 80 et 90, en relecture occidentale du modèle japonais (Aizier, 2012).

L'idée de base repose sur le besoin de débarrasser un processus de toutes les opérations inutiles, des stocks en excès qui le rendent obèse, et moins performant. L'objectif est donc de générer une valeur ajoutée maximale à moindre coût et au plus vite (Liker, 2012).

Cependant, le terme Lean peut avoir, selon le contexte d'utilisation et la notion avec laquelle il est associé, trois significations différentes (Womack et Jones, 2012).

- **Une philosophie**, appelée le Lean Thinking qui vise à satisfaire les besoins des clients en engageant un minimum de ressources ;
- **Un mode de management** reposant sur un système d'organisation du travail qui cherche à mettre à contribution l'ensemble des acteurs afin d'éliminer les gaspillages qui réduisent l'efficacité et la performance ;
- C'est enfin **une méthode opérationnelle** qui intègre un ensemble de pratiques, d'outils et de techniques conçus pour éradiquer les causes de mauvaise performance opérationnelle. Ainsi, selon le domaine dans lequel il est appliqué, on peut avoir plusieurs déclinaisons opérationnelles du Lean, le Lean Manufacturing, le Lean Services, le Lean Office, le Lean Accounting, etc...

2. Les concepts fondamentaux

2.1. L'élimination des gaspillages

Depuis sa création, l'élimination des gaspillages (*muda* en japonais) est au cœur de la démarche Lean. Un gaspillage est défini comme une action ou une situation non créatrice de valeur pour le client (Womack et Jones, 2012). T. Ohno définit alors sept catégories de gaspillage (Ohno, 1988) : une production excessive, les attentes, les transports et manutentions inutiles, les usinages inutiles, les stocks excessifs, les mouvements inutiles, et les défauts et rebuts. Un huitième gaspillage a été ajouté plus récemment par Jeffrey Liker : la créativité inexploitée (Liker, 2012).

2.2. Le juste à temps

Pour éliminer les encours superflus et assurer un flux continu, l'entreprise Lean s'appuie sur un concept essentiel : le juste à temps développé au début des années 1950 par Ohno. Sa source d'inspiration fut l'observation du fonctionnement d'un supermarché américain, où le client pouvait obtenir ce dont il avait besoin au moment souhaité et dans les quantités voulues. A l'image de ce fonctionnement, le juste à temps vise à fabriquer le produit en quantité juste nécessaire, au moment voulu et disponible à l'endroit voulu (Ohno, 1988 ; Blondel, 1999).

2.3. Le Kaizen ou l'amélioration continue

Le mot « *kaizen* » est la fusion des deux mots japonais « *kai* » et « *zen* » qui signifient respectivement « *changement* » et « *bon* ». Traduit en français par « amélioration continue », ce concept repose sur de petites améliorations faites au quotidien, de façon continue.

Le kaizen est un état d'esprit dans le sens où il nécessite l'implication de tous les acteurs afin de déployer des processus d'améliorations concrètes, simples et peu coûteuses, réalisées dans un laps de temps court. Ce concept s'oppose aux réformes brutales qui entraînent des changements brusques et qui demandent beaucoup d'investissements financiers (Imai, 1997).

3. Le déploiement

Toute entreprise désireuse de mettre en place une démarche Lean est, tout d'abord, confrontée au dilemme suivant : faut-il mettre en place les différents concepts phares du Lean de façon séquentielle ou simultanée ?

La démarche Lean se définit comme une approche globale, dont les principaux éléments sont en interaction. Cela signifie que la mise en œuvre de l'approche Lean ne doit pas être considérée comme un ensemble d'outils ou de principes indépendants mais comme un système. Ainsi, plusieurs auteurs se sont donc intéressés à l'ordre de mise en place des concepts Lean pour optimiser l'application de cette démarche, avec des résultats parfois contradictoires. Il a été proposé de débiter soit par une phase de collecte des données, soit par une phase d'analyse avec développement d'une cartographie de chaîne de valeur, soit encore par le principe de zéro défaut, ou par une phase de changement des attitudes des employés (Lyonnet, 2010).

Bien que le Lean ne dispose pas encore d'une démarche unique et solide qui soit acceptée par la majorité des chercheurs, il fournit de nombreux outils qui ont tous, d'une manière ou d'une autre, l'objectif de supprimer ou de réduire le gaspillage (Leseure, 2012). Enfin, la transformation vers un fonctionnement Lean implique un profond changement dans le mode de fonctionnement de l'organisation, et pas uniquement en termes de processus et de flux, mais également dans les méthodes de travail et dans les modes de management (Fanny, 2009).

4. Les domaines d'application

Historiquement né dans le milieu de l'industrie automobile, le concept Lean est aujourd'hui appliqué dans différents domaines d'activité. En effet, la pensée Lean continue de se répandre dans le monde et d'évoluer, les leaders adaptent ses outils et principes au-delà même de la fabrication pour étendre son application aux domaines de la logistique, de la distribution, des services, de la vente au détail, de la santé, de la maintenance et même de l'administration. Les variantes du Lean les plus connues sont (Leseure, 2012 ; Locher, 2011) :

- **Le Lean Manufacturing** qui optimise l'utilisation de l'ensemble des ressources productives de l'entreprise.
- **Le Lean Logistique** qui élimine tout type de gaspillage au niveau de toute la chaîne logistique afin d'augmenter son débit.
- **Le Lean Warehousing** qui vise l'optimisation des flux de matières, la préparation des commandes, le réapprovisionnement, et les opérations de manutention.
- **Le Lean Office** qui optimise les processus administratifs.

5. Les limites

Le Lean est une philosophie d'amélioration continue qui fait appel au savoir-faire et au sens commun. Cette démarche, basée sur l'effort, reconsidère constamment les processus. Cependant, même si les résultats sont rapides, il reste qu'ils sont souvent légers (Fanny, 2009).

De plus, comme évoqué précédemment, toute entreprise désirant s'engager dans une démarche Lean est confrontée à la problématique de sa mise en route, car aucun consensus autour d'une démarche n'a été établi à ce jour. Cette carence pourrait conduire à des lacunes dans la mise en œuvre des pratiques Lean et même aller jusqu'à l'échec de son implémentation (Lyonnet, 2010).

Enfin, étant une démarche qui repose sur l'implication de la ressource humaine et l'adaptation de la culture de l'entreprise à celle préconisée par le Lean, elle ne bénéficie pas d'une structure organisationnelle qui précise les rôles et les responsabilités de chacun (Balanche, 2005).

II. Le Six Sigma

1. Présentation

Les bases de Six Sigma ont été posées dans les années 1980 par les ingénieurs de Motorola. Il s'agissait en premier lieu de l'extension de l'usage des statistiques et notamment de maîtrise statistique des procédés (MSP). La méthode s'est ensuite étoffée en intégrant les notions de maîtrise et de réduction de la variabilité des processus. Par la suite des éléments de nature stratégique et managériale sont venus compléter la méthode. Aujourd'hui, Six Sigma est une véritable culture d'entreprise ayant pour objectif prioritaire l'amélioration de la satisfaction des clients (Pande et al, 2000).

A l'origine, la lettre grecque sigma σ est une unité de mesure statistique de l'écart type dans une population. Cette lettre symbolise la variabilité ou, dit autrement, la dispersion des individus autour de la moyenne. « *Six Sigma* » signifie donc « *six fois l'écart type* ». Utilisé dans un contexte de production de produits ou de services, le nombre de sigma est donc une mesure de la variabilité et de la proportion des résultats qui satisfont les besoins du client. Plus le sigma du processus est élevé, plus le nombre de défauts est faible et par conséquent les résultats (ses produits, ses services) correspondent aux attentes des clients (Volck, 2009).

Ainsi, selon le contexte et l'époque de son utilisation, cette approche globale se décline de plusieurs façons et peut être (Balanche, 2005) :

- **Une philosophie** de la qualité qui vise la satisfaction maximale du client et la réduction de la variabilité des processus en se basant sur des faits et des données concrets ;
- **Un mode de management** qui repose sur une organisation dédiée à la conduite de projet où les compétences sont encadrées et les responsabilités bien définies ;
- **Une méthode de résolution** de problèmes de qualité, organisée en plusieurs étapes, qui permet de réduire la variabilité et d'atteindre la cible sur les produits ou dans les services en utilisant une panoplie d'outils ;
- **Une mesure statistique** de la performance des processus qui permet de déterminer avec une grande précision la qualité des produits ou services et permet donc de situer l'entreprise en matière de qualité.

2. Concepts fondamentaux

2.1. La satisfaction du client

La rude concurrence entre les entreprises qui se battent pour conquérir ou garder des parts de marché, fait que la conception de nouveaux produits et services nécessite une nouvelle attitude fondée sur le concept que, seuls les clients, sont en mesure de définir la qualité en adéquation avec leurs besoins. Toutefois, il ne suffit pas de se soucier de l'opinion des clients externes uniquement mais, il importe également de se soucier des clients dits internes. Il s'agit des personnes au sein même de l'entreprise qui sont, elles aussi, utilisatrices du travail fourni.

Six Sigma répond tout à fait à ces nouvelles exigences de l'environnement économique car étant une approche totalement orientée client. Dans cette démarche, le client est au cœur des préoccupations dans la mesure où pour gérer correctement les problèmes, il faut considérer que ce n'est ni aux dirigeants, ni aux financiers de décider de ce qu'il faut faire pour satisfaire les clients et augmenter les profits. En effet, ce sont aux clients que les entreprises demandent quels sont les problèmes à résoudre (Fanny, 2009).

2.2. Réduction de la variabilité des Processus

En se basant sur le principe que tout est processus et que tous les processus embarquent des variations inhérentes, l'objectif de l'amélioration de la qualité dans cette

démarche devient un objectif de réduction de la variabilité puisque c'est cette dernière qui est à la source des problèmes de qualité (Shankar, 2009).

Cependant, il n'est pas facile d'agir sur la variabilité d'un processus. Cela nécessite d'avoir des données mesurables et de recourir à de nombreux outils statistiques couplés à une démarche de résolution de problème. Ce qui nous amène au troisième concept clé de Six Sigma qui est la mesure.

2.3. La mesure

En partant du principe de William Deming qui dit : « *qu'on ne peut améliorer, que ce que l'on mesure* », l'approche de Six Sigma est puissante puisque c'est une approche "empirique". Elle est pilotée par des données et par l'utilisation de mesures quantitatives pour vérifier la manière dont le système se comporte, pour atteindre l'objectif d'amélioration du processus et la réduction de la dispersion (Breyfogle et al, 2000).

3. Le déploiement

Le Six Sigma propose d'utiliser une méthode de résolution des problèmes pour piloter les projets. Cette méthode se rapproche et complète la méthode de la Roue de Deming (Plan, Do, Check, Act) et suit une ligne conductrice en cinq étapes, nécessaires à l'obtention de résultats fiables, contractée dans l'acronyme DMAIC ou DMAAC pour Définir, Mesurer, Analyser, Innover ou Améliorer et Contrôler (Nakhla, 2006).



Figure II.1. Le cycle DMAIC

- **Définir** : Cette première étape vise à dégager tous les problèmes et à les classer par ordre de priorité. Le problème est ensuite défini dans le temps et dans l'espace en vue d'être formulé en termes de faiblesses et d'insatisfactions clients.

- **Mesurer** : Il s'agit d'une étape de collecte de données sur les paramètres mesurables du processus. L'objectif est de déterminer le sigma que ce processus est capable de fournir.
- **Analyser** : Dans cette étape, les informations cachées sont mises en évidence par une analyse statistique des données. Cette étape inclut la détermination ainsi que la formalisation des causes premières des problèmes rencontrés.
- **Améliorer** : Les solutions proposées pour les dysfonctionnements sont validées puis le processus optimisé est évaluée afin de s'assurer de leur impact. Enfin, un plan d'action détaillant la mise en œuvre des solutions retenues doit être élaboré afin de gérer au mieux les changements induits par les solutions implémentées.
- **Contrôler** : Cette dernière étape consiste à contrôler le processus pour s'assurer que le problème est résolu. Au cours de cette étape, il faut maintenir les bénéfices acquis en standardisant le processus (Azzabi, 2010).

Pour réaliser les objectifs assignés à chacune des cinq étapes, la démarche Six Sigma requiert de nombreux outils, utilisé chacun à des fins spécifiques. Enfin, la mise en œuvre de la méthode Six Sigma est accompagnée de toute une organisation dont le niveau de responsabilité et de compétence est variable. Cette organisation fondamentale, pilier de la démarche selon les experts, s'articule comme suit (Chowdhury, 2004) :

- **Les Champions** : Ils sont les garants des projets en prenant en charge leur déploiement et en œuvrant pour la mise en place de Six Sigma dans leur secteur. Ces Champions constituent la clé de voûte sans laquelle tout l'édifice s'écroule, et c'est pourquoi ils sont choisis parmi les meilleurs éléments.
- **Les Master Black Belts « ceintures noires »** : Ce sont, en général, des consultants extérieurs, experts de la méthode Six Sigma. Ils dirigent les Blacks Belts et assurent leur formation à Six Sigma. Ils ont généralement en charge la sélection des projets Six Sigma.
- **Les Black Belts** : Ce sont les responsables de la gestion tactique du travail des équipes. Ils ont pour tâches l'organisation et la direction des réunions, ils doivent affirmer que chaque membre de l'équipe respecte le calendrier des tâches établi et guider les équipes dans l'application de la méthode.
- **Les Green Belts « ceintures vertes »** : Ils vont apporter de l'aide aux Black Belts afin qu'ils mènent à bien leur projet en se chargeant de la mise en œuvre opérationnelle. Ils

sont également formés à Six Sigma ce qui permettra à l'équipe de parler le même langage et de travailler dans le même sens.

Six Sigma est la première méthode de management qui implique aussi bien le haut de la pyramide que le bas. Les meilleurs Green Belts deviennent Black Belts et ces derniers deviennent Master Black Belts. Les meilleurs Master Black Belts deviennent à leur tour Champions et éventuellement Grands Chefs.

4. Les domaines d'application

Six Sigma est souvent associée à l'industrie manufacturière, ce qui est un réflexe tout à fait compréhensible vu que cette philosophie a été développée par des entreprises manufacturières. Mais cela ne devrait pas être un argument pour réfuter la possibilité de son application dans d'autres secteurs. Six Sigma s'applique partout dans l'entreprise et dans tout type de business car dès qu'il y a activité, il y a processus (formel ou informel) et dès qu'il y a processus, il y a des opportunités d'améliorer la prédictibilité et la performance de ce processus.

Ainsi, Six Sigma est appliquée dans les fonctions aussi diverses que : production, logistique, marketing, finance, comptabilité, système d'information, R&D, gestion des ressources humaines et dans des secteurs aussi divers que : santé, sécurité, armée, gouvernement, banques, administration, éducation, institutions juridiques (Mawby, 2007).

5. Les limites

Comme évoqué précédemment, la notion de variabilité, de besoin du client et de qualité sont au cœur de la démarche. Néanmoins, la démarche se limite à ces aspects et n'intègre pas la notion de vitesse, pourtant primordiale dans l'amélioration des processus et la satisfaction des clients (George, 2003). Les causes de cette insuffisance proviennent essentiellement de l'origine de la démarche qui, rappelons-le, avait comme objectif premier la maîtrise statistique des procédés. Cela étant, au fur et à mesure de son développement, les utilisateurs ont commencé à l'utiliser comme une démarche permettant la gestion de projet et l'amélioration de la qualité d'un processus. Dès lors, la démarche, appliquée seule et sans autre apport se révèle incomplète et un manque se fait sentir (Balanche, 2005).

III. Le Lean Six Sigma

Les concepts Lean et Six Sigma sont de plus en plus appréciés par les grandes entreprises grâce à leur influence favorable sur la productivité, leur permettant ainsi de renforcer leur position sur le marché. Suite à l'évolution de ces deux méthodes, l'hybride Lean Six Sigma (LSS) s'est formé pour agir de manière plus complète, en réalisant en même temps les objectifs de ces deux concepts (Leseure, 2012).

Le concept Lean Six Sigma a été publié pour la première fois en 2002 dans l'ouvrage de M. George « *Lean Six Sigma : Combining Six Sigma with Lean Speed* », mais en fait le LSS réalise l'intégration et la synthèse d'une longue histoire de l'industrie manufacturière.

1. Complémentarité du Lean avec Six Sigma

Quel que soit le produit ou le service, le client souhaite être livré le plus rapidement possible et en temps voulu (vitesse), sans erreur (qualité élevée) et au prix le plus bas possible (coût bas). Chacune des méthodes exposées précédemment contribue partiellement à la satisfaction du client : le Lean améliore la rapidité de réponse en éliminant le gaspillage, et de ce fait réduit les coûts; Six sigma améliore la qualité en réduisant la variabilité des processus et donc contribue aussi à la réduction des coûts (Fanny, 2009).

Mais, au-delà du fait que chacune des deux démarches ne réalise pas tous les objectifs de l'entreprise, il est important de noter qu'il ne leur est pas possible d'atteindre l'optimum des objectifs que chacune d'elle se fixe car la vitesse, la qualité et les coûts ne sont pas des variables indépendantes : par exemple, un processus qui génère beaucoup d'erreurs ne peut pas garder le rythme et par conséquent une qualité élevée permet d'atteindre une vitesse élevée (George, 2003).

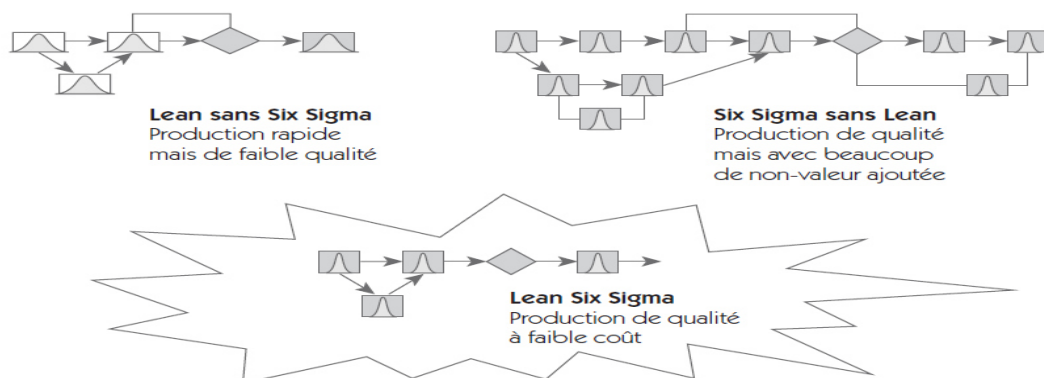


Figure II.2. Complémentarité entre Lean et Six Sigma (Pillet, 2004, page12)

1.1. Pourquoi le Lean requiert Six Sigma

- **Le client n'est pas la priorité du Lean**

Le Lean traite essentiellement les processus avec une vision interne du problème. Le défaut d'une telle approche est sans conteste l'oubli d'un point essentiel qui est l'intégration des besoins et exigences du client. Au contraire, Six Sigma impose dans sa démarche la prise en compte permanente des exigences clients. Le client est au cœur de la démarche d'où le bénéfice du Lean d'être associé à Six Sigma (Balanche, 2005).

- **Le Lean ne mesure pas la variabilité des processus**

Un autre point important que le Lean laisse de côté est la mesure de la variabilité et de son impact sur le processus. De ce fait, la méthode ne vise pas à réduire cette variabilité souvent à l'origine d'importants dysfonctionnements du processus. Au contraire, Six Sigma place la réduction de la variabilité comme l'une de ses priorités (George, 2003).

- **Le Lean ne dispose pas d'une démarche bien établie**

Même si le Lean se fixe des objectifs clairs et qu'il propose une panoplie d'outils pour leur atteinte, il ne dispose pas d'une démarche claire qui fait le consensus de la majorité des industriels et des chercheurs, et on peut dire qu'il y a autant de démarches Lean qu'il y a d'entreprises. Cette imprécision de la démarche handicape énormément le Lean et contribue même, dans certains cas, à l'échec des projets Lean (Lyonnet, 2010).

En se combinant avec Six Sigma, le Lean acquiert une méthodologie claire et séquentielle (DMAIC) où sont précisés, à chaque étape, les outils à utiliser et l'objectif de leur utilisation. En adoptant cette démarche, le Lean devient réellement une approche globale intégrant des outils qui sont complémentaires et en interaction (Volck, 2009).

- **La structure managériale de Six Sigma**

Contrairement au Lean, Six Sigma bénéficie d'une structure managériale bien établie ce qui constitue une de ses forces. En effet, le management de Six Sigma est un management par projet où le Black Belt n'a pas de pouvoir sur le groupe, c'est au contraire un leader. L'implication de la direction se traduit par une participation au comité de pilotage de Six Sigma qui définit les priorités stratégiques (Chowdhury, 2004).

1.2. Pourquoi Six Sigma requiert le Lean

▪ L'identification et l'élimination des gaspillages

L'identification et l'élimination des tâches à non-valeur ajoutée et de tous les gaspillages ne fait pas partie des priorités de Six Sigma. Le Lean fournit les outils et la méthode de travail nécessaires à leur détection et à leur suppression (Leseure, 2012).

▪ L'optimisation du temps de cycle et l'accélération du processus

Six Sigma ne fait pas le lien entre qualité et vitesse et ne cherche pas à tendre les flux pour optimiser alors que cet élément est essentiel pour limiter la variabilité. Par contre, cette attention est au cœur de la démarche Lean et contribue en ce sens à améliorer la démarche Six Sigma en permettant de réduire la variabilité grâce à la vitesse. En effet, vitesse et qualité sont étroitement liées. Seul un processus de qualité peut supporter une vitesse élevée et seule une vitesse élevée permet d'attendre des niveaux de qualité supérieurs (George et al, 2010).

▪ L'obtention de niveau de qualité Six Sigma

Si Six Sigma est aujourd'hui, le moyen le plus efficace pour atteindre un niveau de qualité élevé, le Lean est la démarche d'accélération et de suppression de tâches à non-valeur ajoutée la plus performante. Il devient ainsi évident que l'association des deux méthodes ne peut être que d'un grand apport pour le processus étudié qui sera épuré des tâches à non-valeur ajoutée et verra les tâches restantes optimisées de façon à atteindre un niveau de qualité élevé, une variabilité minimum et une vitesse maximum (Harry et al, 2010).

Le Tableau II.1 reprend et résume les principaux apports complémentaires de Lean et de Six Sigma dans le Lean Six Sigma.

Tableau II.1. Apports complémentaires de Lean et de Six Sigma dans le Lean Six Sigma

	Lean	Six Sigma	Lean Six Sigma
Organisation des compétences	Aucune	Ressources dédiées	Ressources dédiées
Objectifs	Elimination des gaspillages	Réduction de la variabilité	Elimination des gaspillages et de la variabilité
Choix des projets	Projets stratégiques et venant du terrain	Projets stratégiques	Projets stratégiques et venant du terrain
Outils et méthodes	Nombreux outils et méthodes	Démarche DMAIC	Démarche DMAIC structurant les outils et méthodes Lean
Résultats	Visibles à court terme	Résultats à moyen et long terme	Gains à court et long terme

2. Les cinq lois du Lean Six Sigma

Le Lean Six Sigma est une démarche efficace et performante, mais sa mise en place et sa réussite sont soumises à certaines conditions. En effet, intégrer les principes fondamentaux des deux méthodes requiert certaines lois à suivre appelées les Cinq Lois du Lean Six Sigma. Elles ont été formulées afin que les efforts d'amélioration de la qualité et des processus, visant à augmenter la satisfaction client et le retour sur investissement, soient les principales préoccupations (George, 2010).

Loi n°1 – la loi du marché : *« Les besoins du client définissent la qualité et sont la plus haute priorité de l'amélioration ».*

Bien que le Lean insiste sur l'importance de ne pas trop dépenser et d'éviter l'excès, la qualité doit être au niveau des normes du client. Ainsi, la qualité et le service exigés par la clientèle déterminent le niveau de la qualité requis par l'entreprise et sa stratégie doit être basée sur cette loi. Cette loi a la particularité d'être à la base de toutes les autres.

Loi n°2 – la loi de la flexibilité : *« la vitesse de n'importe quel processus est proportionnelle à sa flexibilité ».*

Autrement dit, plus le processus est ouvert et flexible dans l'adoption des changements et plus le taux d'avancement du projet progresse.

Loi n°3 – la loi de la concentration : *« les informations montrent que 20% des activités au sein d'un processus causent 80% des problèmes et des retards ».*

C'est une interprétation de la loi de Pareto. Ainsi, il convient de concentrer les efforts et d'agir sur ces principales activités afin de réduire considérablement les délais.

Loi n°4 – la loi de la vitesse ou « loi de Little » :*« la vitesse de tout processus est inversement proportionnelle à la quantité de travaux en cours ».*

Ceci explique comment l'inertie des travaux en cours pèse lourdement sur la vitesse d'exécution du projet. Ainsi, lorsque les travaux en cours non achevés augmentent, la vitesse diminue et à l'inverse, au fur et à mesure que les travaux en cours diminuent, le processus s'accélère.

Loi n°5 – la loi de la complexité et du coût : « *la complexité d'une offre de service ou du produit ajoute généralement plus de coûts et des travaux en cours que ne le font des problèmes de qualité (sigma peu élevé) ou de lenteur (contraire de Lean) ».*

La complexité de l'offre occasionne d'avantage de coûts à non-valeur ajoutée et de travaux en cours que les problèmes liés à un niveau de qualité faible ou à une vitesse faible. Ainsi, rendre le travail aussi simple que possible réduit donc le danger d'une mauvaise qualité ou d'une vitesse lente, et permet au travail d'être achevé à temps.

3. Les domaines d'application

Selon M. George (George et *al*, 2010), considéré comme le gourou du Lean Six Sigma, cette méthode peut apporter de nombreux avantages pour toute organisation. Il estime que LSS est efficace pour rendre une entreprise plus rentable, en augmentant ses recettes, en réduisant les coûts, le délai de livraison et les stocks et en améliorant la satisfaction client. Le concept LSS peut également servir à développer les compétences du personnel pour mieux prendre des décisions, résoudre des problèmes et travailler en équipe.

La méthode Lean Six Sigma a été implémentée avec succès dans les grands groupes, comme: Caterpillar, GE, Honeywell, International Truck, ITT Industries, NCR, Northrop Grumman, Lockheed Martin, Rockwell et Raytheon (George, 2003).

Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons pu constater que le LSS est une démarche globale qui consiste à adopter le Lean en le combinant avec la dynamique de progrès fournie par Six Sigma, permettant ainsi d'agir efficacement à la fois sur le délai, le coût et la qualité.

Nous nous proposons, dans le chapitre qui suit, de voir comment aborder le déploiement d'une démarche Lean Six Sigma à travers la mise en œuvre d'une panoplie d'outils et de méthodes.

Chapitre III :

Le déploiement du Lean Six Sigma

Introduction

La démarche LSS, en combinant le Lean au Six Sigma, a accentué les forces et remédié aux faiblesses de chacune de ces dernières. L'une des forces du Six Sigma que le LSS a adopté est le cycle DMAIC. Ce dernier permet de guider tout projet LSS à travers un ensemble d'étapes structurées et complémentaires. Ainsi, ce chapitre a pour objectif d'exposer les bases théoriques du déploiement de LSS organisé en cinq parties, chacune pour chaque étape de DMAIC.

Comme ce chapitre a pour vocation d'exposer le déploiement que nous avons adopté et adapté, nous présentons pour chaque étape de la démarche DMAIC : ses objectifs, ses phases de réalisation et ses principaux livrables ainsi que les différents outils auxquels elle fait appel, tout en justifiant le choix et en détaillant le déploiement de l'outil ou la méthode utilisée.

I. Etape 1 : Définir

Tout projet Lean Six Sigma a pour objectif l'élimination de la variabilité dans le processus et son amélioration pour atteindre un niveau six sigma. Cet objectif ne peut être atteint sans une gestion rigoureuse du projet en question. Pour cela, la phase de définition est cruciale car elle représente le point de départ à partir duquel est déterminée l'orientation du projet en sélectionnant les clients à satisfaire et par conséquent les processus qui nécessitent le plus d'attention.

1. But de l'étape

Cette phase consiste à décrire la situation actuelle du fonctionnement de l'entreprise et à se fixer des objectifs concrets d'amélioration. L'objectif à atteindre doit être clairement défini et doit répondre aux attentes du client du projet. Ainsi, à la fin de cette étape, une charte du projet est rédigée en définissant ses acteurs, son cadre, et les objectifs à atteindre (Leseure, 2012).

2. Conduite de l'étape

Dans cette partie, il s'agit de décrire le déroulement de l'étape « Définir » tout en présentant d'une façon générale les outils les plus utilisés et d'une façon plus détaillée ceux utilisés dans le présent travail. Mais, avant cela, nous supposons que l'équipe Lean Six Sigma est

formée, que les ressources qui lui sont nécessaires sont allouées et qu'elle est mise sous la responsabilité du champion ou Master Black Belt du projet.

2.1. Prédéfinition du projet

Cette étape de prédéfinition se trouve en amont de tout projet LSS et consiste à déterminer le sujet de travail le plus adapté dans le cadre de la stratégie de l'entreprise. Cette étape préliminaire a toute son importance vu que, pour résoudre un problème, il convient d'abord de le définir parfaitement. Il s'agira alors d'identifier (Pillet, 2004):

- **un vrai problème**, qui est un écart notable entre des performances attendues et mesurées;
- **un vrai client**, autrement dit, un client motivé par la réduction de l'écart ;
- **des gains significatifs** justifiant le temps et l'énergie qui seront investis;
- **un périmètre limité** garantissant une durée d'action entre six mois et un an.

2.2. La définition du projet

L'équipe constituée pour la conduite de projet entame officiellement le déroulement de la démarche DMAIC par la réalisation de l'étape de définition qui permettra de rédiger la charte du projet en répondant aux questions suivantes :

- Quelle est la situation actuelle ?
- Quel est l'objectif que l'on recherche ou à quelle situation voulons nous arriver?
- Quel est le périmètre du projet ?
- Qui doit travailler sur ce projet ?
- Quel est le planning du projet ?

La réponse à ces questions, obéit à un cheminement bien tracé et fait appel à une multitude d'outils et de techniques qui se complètent et interagissent dans une synergie optimale. Ce cheminement commence par la description de la situation actuelle, à l'intérieur de l'entreprise en visualisant les processus et leurs différents flux grâce aux techniques de cartographie et, à l'extérieur de l'entreprise, en écoutant la voix des clients pour bien appréhender les paramètres importants pour eux dans les produits ou les services que leur fournit l'entreprise. L'équipe de projet confrontera alors les deux voix : processus et clients, traduites respectivement en cartographie de processus et en hiérarchie de paramètres critiques pour la qualité. Cette

confrontation devra intégrer l'ensemble des informations concernant la stratégie de l'entreprise et les moyens dont elle dispose, permettant ainsi à l'équipe de fixer l'objectif du projet, délimiter son périmètre et détailler son planning de déroulement. En fin d'étape, l'équipe de projet synthétisera l'ensemble des résultats obtenus dans la charte de projet qui constituera une sorte de contrat informel entre l'équipe et la direction de l'entreprise (George, 2003 ; Ehrlich, 2002 ; Harry et al, 2010).

La cartographie des processus, l'identification de la voix du client et la rédaction de la charte de projet sont brièvement décrits ci-après.

2.2.1. La cartographie des processus

Pour pouvoir améliorer un processus, il est important de visualiser ses activités ainsi que ses différents flux de matières et d'informations. La littérature propose à cet effet différentes techniques dont les plus couramment utilisées sont : la cartographie en boîte noire, le logigramme et la cartographie SIPOC (voir le Tableau III.1).

Tableau III.1. Définitions des différents types de cartographie (Pillet, 2004 ; Cattani et al, 2008 ; Furtener, 2009)

Type de cartographie	Définition	Schéma
La cartographie en boîte noire	Illustre un processus au moyen d'un rectangle, où on fait apparaître les variables d'entrée, les variables de sortie, ainsi que les facteurs bruits et les facteurs de pilotage.	
Le logigramme	Une représentation linéaire simple de l'enchaînement des différentes étapes qui constituent un processus donné.	
La cartographie SIPOC	Un outil de visualisation pour identifier tous les éléments pertinents associés à un processus (P) : son périmètre (frontières, début et fin), les sorties (O) les entrées (I), les fournisseurs (S) et les clients (C).	

▪ **Choix de la cartographie**

D'après les définitions des techniques exposées dans le Tableau III.1, on remarque que chacune décrit le processus selon un niveau de détail différent. Ainsi, avant de réaliser la cartographie d'un processus, il faudra choisir le niveau de détail adapté car un niveau trop grossier ne permet de décrire que des évidences et n'apporte pas grand-chose alors qu'un niveau de détail trop fin rend incompréhensible la lecture du graphique et fournit une cartographie inutile (Pillet, 2004).

En fournissant uniquement les informations qui correspondent aux besoins de l'étape de définition des projets LSS, l'outil le plus adapté et le plus fréquemment utilisé est le diagramme SIPOC car il permet de répondre parfaitement à ces objectifs (George, 2003) :

- en spécifiant le début et la fin du processus, il permet de délimiter le champ du projet ;
- en identifiant tous les clients concernés par le processus, il permet au projet d'être un authentique projet de Lean Six Sigma car se construisant sur les attentes et les besoins des véritables clients ;
- en limitant les étapes du processus cartographié, il oblige l'équipe projet à faire des efforts pour identifier les étapes et les activités importantes et pertinentes.

❖ **Les étapes de construction d'un diagramme SIPOC (Soleimannejed, 2004)**

En général, il y a 7 étapes pour construire un diagramme SIPOC : identifier le processus **P** et lui donner un nom descriptif, identifier les étapes principales (haut niveau) qui le définissent, identifier les sorties **O** du processus, identifier les clients **C** qui reçoivent les sorties du processus, identifier les entrées **I** qui sont requises par le processus, identifier les fournisseurs **S** requis par les entrées du processus et enfin valider toutes les informations précédentes par les intervenants impliqués dans le processus.

2.2.2. L'identification de la voix du client

La démarche LSS étant centrée sur le client, pour le satisfaire, il faut savoir ce qu'il souhaite et la meilleure façon de le savoir est de le lui demander. Il est donc indispensable de réaliser une étude, la plus complète possible, pour bien identifier ses besoins (Pillet, 2004).

La satisfaction de client dépendant de la richesse et de la manière dont les fonctions du produit ou de service rencontrent ses exigences, l'objectif de cette action d'écoute du client vise à obtenir à la fin l'ensemble des fonctions et caractéristiques importantes pour lui et les spécifications pour chacune d'elles. Ainsi, pour chaque caractéristique, la voix du client s'exprime souvent par deux chiffres qui déterminent un intervalle de tolérance et peut être représentée par un demi-rectangle dont les extrémités représentent les valeurs minimale et maximale. et pour la même caractéristique, la voix du processus est un ensemble de valeurs observées, ou mesurées. Si le système est stable nous pouvons les représenter par une courbe de distribution normale. Les clients seront satisfaits de cette caractéristique lorsque la courbe en cloche « voix du processus » se trouvera entièrement à l'intérieur du demi-rectangle « voix du client » (Gougue, 1997).

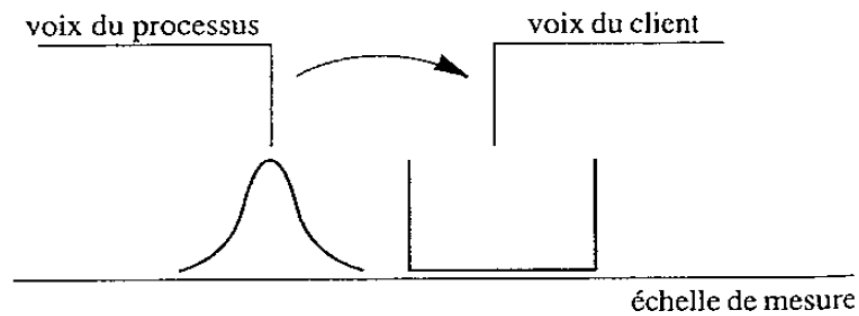


Figure III.1. Superposition des voix du client et du processus (Gougue, 1997, page 96)

Pour matérialiser cette logique, la démarche LSS fournit un ensemble de méthodes et de techniques qui permettent d'écouter la voix du client. Le Tableau III.2 résume les grandes étapes de cette méthode ainsi que les principaux outils utilisés dans ce travail.

Tableau III.2. Etapes de la voix du client et leurs outils

	Étape	Outil
1	L'identification des clients	SIPOC
2	La collecte des données	Interview
3	Analyse des données	La table de la voix du client (TVOC)
4	Transformation des besoins	Déploiement de la fonction de qualité (QFD)

Etape 1. L'identification des clients

Description. Les clients n'ont pas qu'une seule voix. Ils sont fractionnés en plusieurs groupes, chacun ayant sa propre perspective. Chaque groupe peut aussi avoir des voix différentes dans des circonstances différentes. Pour l'équipe du Lean Six Sigma, l'identification du client va au-delà la collecte d'informations sur ceux qui achètent le produit et le service de l'entreprise et ces derniers ne représentent qu'un des groupes de clients. L'équipe peut aussi s'intéresser aux clients des concurrents, aux anciens clients et aux clients potentiels. Cette diversité des groupes peut encore être enrichie en procédant à une autre classification suivant la position occupée par le client par rapport aux frontières de l'entreprise. Ainsi, tous les groupes déjà cités peuvent être regroupés dans la classe des clients extérieurs de l'entreprise. A l'opposé, les clients internes sont ceux qui font partie du même groupe que leurs fournisseurs, dans un même processus. Au sein d'un organisme donné, chaque service (service demandeur) est client d'autres services (service fournisseur). Le service demandeur formule un besoin avec des exigences et est en attente d'une réponse satisfaisante de la part du service fournisseur. Ce client n'est pas forcément le client final du produit (Des Mesnards, 2007).

Outil. Le présent travail s'intéresse uniquement aux clients internes. Comme les fournisseurs et les clients appartenant à la même entreprise sont reliés par des processus, les outils Lean Six Sigma, comme le diagramme SIPOC, sont suffisants pour identifier les différents clients internes qui sont en relation avec le processus cartographié (Pillet, 2004).

Etape 2. La collecte des données

Description. La nature de Lean Six Sigma qui fait que toute décision et toute analyse s'effectue sur la base de faits, requiert que la collecte de données relatives aux clients et à leurs besoins soit accomplie selon une démarche rigoureuse. Il reste à choisir la méthode à utiliser pour cette collecte en fonction de la situation et le type de données dont on a besoin (Anton, 1997).

Les outils. La littérature propose différentes méthodes de collecte de données dont les plus couramment utilisées sont : l'observation directe, l'interview, le groupe de discussion et le sondage. Le Tableau III.3 fait apparaître les forces et faiblesses de chacune de ces quatre méthodes.

Chapitre III : Le déploiement du Lean Six Sigma

*Tableau III.3. Forces et faiblesses des méthodes de collecte des données
(Zikmund et al, 2012 ; Ehrlich, 2002 ; Hennink, 2007 ; Scheuren, 2004)*

La méthode	Les forces	Les faiblesses
L'observation directe	<ul style="list-style-type: none"> -Peut aider à concentrer les efforts sur ce dont ont réellement besoin les clients ; -Peut être utilisée avec un nombre restreint de répondants ; -Peut identifier les aspects où les clients rencontrent des problèmes et éprouvent des difficultés dans l'utilisation du produit ou du service. 	<ul style="list-style-type: none"> -L'étude au cas par cas la rend consommatrice de temps ; -Elle fournit des informations uniquement sur le comportement des clients et ne permet pas d'obtenir celles relatives à leurs attitudes, leurs opinions, leurs connaissances et leurs évaluations.
L'interview	<ul style="list-style-type: none"> -Peut aider à concentrer les efforts sur ce dont a réellement besoin le client; -Peut être utilisée avec un nombre restreint de répondants ; -Peut identifier la cause d'insatisfaction du client ; -Peut fournir des informations, des connaissances, des attitudes, des opinions et des évaluations des clients. 	<ul style="list-style-type: none"> -Consommatrice en temps, en argent et en énergie.
Les groupes de discussion	<ul style="list-style-type: none"> -Fournit des informations utiles sur les attitudes des clients ; -Assure une participation plus active à cause de la taille réduite des groupes. 	<ul style="list-style-type: none"> -Peut-être coûteuse en nécessitant des animateurs et des lieux de rencontre ; -Peut être considérée comme peu valide car les opinions et les réactions sont collectées à partir d'un petit échantillon.
Le Sondage	<ul style="list-style-type: none"> -Peut être assez profond permettant aux données d'être évaluées de différentes façons ; -Peut être utilisé sur de larges populations, augmentant de ce fait la chance qu'un grand nombre de répondants puisse être évalué. 	<ul style="list-style-type: none"> -Requiert un temps et des efforts considérables pour être planifié et exécuté; -Enclin à avoir des portées floues, devenant ainsi lourd et peu informatif ; -Un mauvais planning et des questions mal ciblées peuvent déboucher sur des résultats peu utiles.

▪ **Choix de la méthode**

L'objectif de l'étude étant de collecter les opinions, les appréciations et les attentes des clients internes de l'entreprise, exclut par lui-même la possibilité d'utiliser la méthode d'observation directe qui ne peut fournir d'informations que sur le comportement des clients face à un produit ou un service. Par ailleurs, en tenant compte du petit nombre de clients internes concernés par l'étude, nous avons écarté la possibilité d'utiliser la méthode de sondage, plus adaptée à l'étude de larges populations. Il restait donc à choisir entre l'interview et le groupe de discussion, tous deux envisageables : le groupe de discussion, grâce à la dynamique de groupe, permet de générer des opinions et des points de vue plus créatifs quant à la méthode de l'interview elle a l'avantage de pouvoir aborder des sujets et des questions sensibles. Face à la difficulté de choisir entre ces deux méthodes en se basant uniquement sur leur forces et faiblesses et sur leur adaptation à la situation de l'étude, c'est l'impossibilité de réunir tous les clients dans un seul lieu qui a fait que le choix s'est porté sur la méthode de l'interview.

Etape 3. Analyse des besoins clients

Description. Les clients n'expriment pas toujours leurs besoins d'une façon complète et exacte mais ils évoquent souvent les difficultés ou les problèmes qu'ils rencontrent lors de l'utilisation du produit ou du service, ou les caractéristiques qui devraient être présentes dans le produit ou le service. Dans un projet LSS, l'équipe de projet doit comprendre pourquoi le client soulève ces problèmes et pourquoi telle caractéristique est importante pour lui. Ainsi, les informations sur la voix du client collectées par les méthodes de recherche doivent donc être reformulées en besoins de client (Anton, 1997).

L'outil. L'un des outils utilisé pour effectuer cette reformulation est la table de la voix du client (VOCT). Développée pour faciliter l'interprétation des paroles des clients en besoins clairs et spécifiques, elle permet d'avoir une profonde compréhension des besoins en se posant différentes questions sur les raisons qui l'ont poussé à voir dans une quelconque situation un problème, à souhaiter voir dans le produit ou le service une nouvelle caractéristique ou à proposer une solution. Cela permettra de traduire les besoins qu'il a exprimés en termes clairs et concis et à en déduire d'autres qu'il n'a pas exprimés comme tels (Shillito, 2000).

❖ **La table de la voix du client**

L'une des variantes de VOCT est composée des étapes suivantes (Shillito, 2000) :

- Construire un tableau avec trois colonnes intitulées respectivement : problèmes, besoins et solutions ;
- Inscrire chacune des déclarations du client dans l'une des colonnes ;
- Reformuler les déclarations inscrites dans la colonne Besoins en besoins clairs et concis ;
- Analyser les déclarations inscrites dans la colonne Problèmes pour formuler les besoins en supposant que tout problème est une inadéquation entre une situation et les attentes de client.
- Analyser les solutions proposées par le client pour déduire les besoins que le client n'a su formuler qu'en proposant une solution ou une nouvelle caractéristique dans le produit ou le service.
- Présenter la nouvelle formulation de l'ensemble des besoins aux clients pour qu'ils les valident ;
- Demander au client de prioriser ses besoins en attribuant à chacun un poids variant de 1 à 5.

Cette étape d'analyse permettra d'obtenir, pour chaque client, l'ensemble des besoins qui ont été reformulés en des termes compréhensibles pour l'organisation en charge du projet LSS ainsi que l'importance qu'il accorde à la satisfaction de ces besoins. Visant la satisfaction de tous les clients, ou du moins de ceux qui apportent le plus de valeur à l'organisation, l'équipe projet constitue une liste finale de tous les besoins exprimés et leur attribue une importance en calculant la moyenne des poids données par les clients (Rampersad et *al*, 2006).

Etape 4. Transformation des besoins

Description. Les méthodes de collectes permettent de recenser les besoins des clients qui seront analysés pour être ensuite reformulés de façon claire et concise. Cependant, ces besoins restent encore étrangers à l'entreprise. En effet, les concepteurs et plus encore les fabricants, sont souvent éloignés physiquement des clients, il est indispensable d'utiliser une méthode qui

permette de leur transmettre la voix du client dans leur langage avec le moins de déformation possible ce qui les conduirait à considérer ces besoins de manière formelle et de les traduire en actions à réaliser pour les satisfaire (Duret et Pillet, 2005).

L'outil. La méthode indiquée pour répondre à cette attente est la QFD (Quality Function Development) que l'on traduit généralement par « Déploiement de la fonction qualité ». Ainsi, cette méthode permet de transformer les besoins en exigences techniques pour l'équipe du projet mais elle leur permet aussi de prioriser ces mêmes exigences. Enfin, elle leur fournit des critères mesurables, capables de traduire la satisfaction des clients (George, 2003).

❖ **Le déploiement de la fonction qualité**

Yoji Akao a développé le déploiement de la fonction qualité entre 1965 et 1967 à Matsushita Electric et le définit comme : « une méthode de développement d'une qualité de conception visant à satisfaire le client et à traduire les demandes de ce dernier en objectifs de conception et en mesures d'assurance qualité à utiliser tout au long du processus de production ». Si on change le contexte de la production en celui des services, on peut la définir comme : « un ensemble de procédures qui aident à planifier et à développer des services et à s'assurer que ces derniers répondent aux attentes des clients ou les excèdent (Mazur, 1993).

La QFD est basée sur le développement d'une série de matrices. À chaque étape de la démarche, il y a un passage d'un QUOI à un COMMENT, et ce passage donne lieu à la réalisation d'une matrice qu'on appelle la matrice HOQ ou la « Maison de la Qualité ». La structure visuelle de cette maison est une collection de chambres, dont chacune représente un élément essentiel de la qualité globale (Voehl et al, 2013 ; El Haik et Roy, 2005).

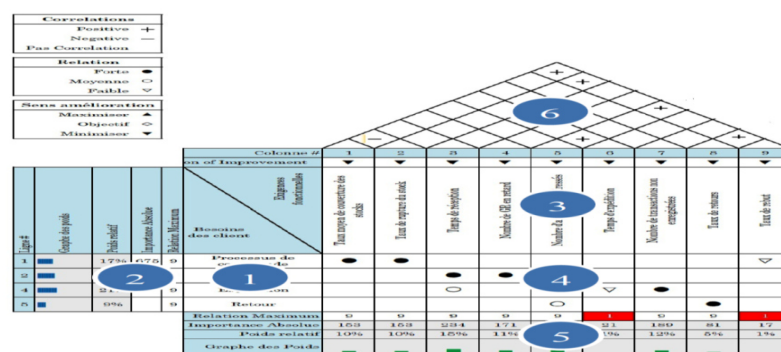


Figure III.2. Maison de la qualité avec ses 6 chambres

Chambre 1: Le Quoi. En général, ce lieu est l'endroit où la voix du client est capturée. Elle contient la liste des besoins des clients collectés et analysés lors des 2^{ème} et 3^{ème} étapes de la démarche de la voix du client.

Chambre 2 :L'échelle des valeurs. A chaque besoin du client est associé une valeur caractéristique, généralement entre (1 et 5) ou (1 et 10).

Chambre 3: Le Comment. On y identifie les éléments clés qui permettront d'aller vers l'atteinte des "Quoi" de la chambre 1. Ils sont généralement appelés paramètres critiques de la qualité (CTQ).

Chambre 4: Les Relations. C'est la pièce qui évalue les relations entre les « Quoi » et les «Comment». La relation peut être forte, modérée, faible ou sans rapport.

Chambre 5: Le Combien. Dans cette chambre, le résultat de l'interaction des quatre précédentes salles est créé. La force de chaque « Comment » est mesurée par rapport à chaque « Quoi » puis pondérée par l'importance relative de ces désirs et besoins. Ce que contient la pièce 5 est une vue intégrée de la priorité de chacune des CTQ sélectionnées. La CTQ ayant la plus haute priorité représente le « Comment » qui est le plus fortement lié au plus grand nombre de « Quoi ».

Chambre 6 : Les corrélations. C'est la dernière chambre de la Maison de la qualité et elle forme le toit de cette maison. Appelé aussi corrélation, ce toit est une sorte de composant de protection qui permet aux CTQ d'être mis en balance les uns par rapport aux autres. Cette chambre reconnaît l'interaction des différentes mesures qui peut être soit positive, soit négative ou sans rapport. Cela est extrêmement important car la compréhension de ces relations permet de tirer parti des CTQ connexes pour un maximum de résultats mais aussi de l'équilibre potentiellement concurrent des CTQ qui ont une relation inverse.

Initialement utilisée dans l'industrie, la QFD s'est vue, avec le temps, appliquer dans différents secteurs en incluant ceux des services. Cette diversité d'utilisation et la nécessité de l'adapter ont donné naissance à de multiples variantes de la QFD : de la variante où on déploie uniquement une matrice à celle où on déroule tout un processus comprenant quatre matrices (Voehl et al, 2013).

▪ **Choix de la variante**

Dans ce travail, la variante retenue est celle utilisée pour améliorer ou concevoir un processus ou un service et qui consiste à construire trois maisons de qualité (Furterer, 2009) :

La maison de qualité 1 a pour but de prioriser les CTQ sur la base des besoins exprimés par les clients et leurs priorisations. Les étapes de sa construction sont les suivantes.

1. Lister les besoins des clients dans la chambre 1 avec leur importance sur une échelle de 1(faible) jusqu'à 5(élevé) dans la chambre 2.
2. Lister les exigences techniques des processus qui vont affecter plus d'une exigence de client dans la chambre 3.
3. Comparer les besoins des clients et les exigences techniques des processus et déterminer leur relation dans la chambre 4, en identifiant les relations fortes (9), les relations moyennes (3), les relations faibles (1) et aucune relation (Vide).
4. Obtenir le poids et le classement des exigences techniques dans la chambre 5.

La maison de qualité 2 permet de sélectionner les processus sur lesquels il faudra se focaliser pour répondre aux attentes des clients et les satisfaire, en confrontant cette fois-ci les exigences techniques avec les processus aux étapes 5 et 6.

5. Introduire dans la chambre 2 de la deuxième maison de qualité les pondérations obtenues dans la première maison. Placer les exigences techniques dans la chambre 1 et identifier les processus qui vont aider à la prise en charge de ces exigences dans la chambre 3.
6. Déterminer la relation entre exigences techniques et processus dans la chambre 5.

La maison de qualité 3 est utilisée pour confronter les processus avec les principaux indicateurs de performance. L'objectif de cette dernière matrice est de fournir à la deuxième étape de mesure de Lean Six Sigma les indicateurs pour lesquels il faudra récolter les données. Ce sont les trois dernières étapes.

7. Introduire dans la chambre 2 de la troisième maison de qualité les pondérations obtenues dans la deuxième maison. Placer les processus dans la chambre 1 et identifier les métriques qui vont aider à mesurer les performances des processus dans la chambre 3.
8. Déterminer les relations entre les processus et les métriques ou indicateurs de la performance dans la chambre 5.
9. Analyser les corrélations qui existent entre les métriques dans le toit de la maison, qui peuvent être positives, négatives ou non existantes.

2.2.3. Rédaction des chartes de projet

Une fois les processus cartographiés et la voix des clients identifiée, l'équipe de projet devra synthétiser l'ensemble des résultats obtenus dans une charte de projet. Une charte de projet est un document qui décrit l'objet du projet et pourquoi l'initier; il indique aussi le calendrier ainsi que les membres de l'équipe du projet. Dans les projets de Lean Six Sigma, c'est le plus important livrable de la première étape de définition sur lequel repose grandement le succès du projet (Fréchet, 2005)

Même si la rédaction d'une charte de projet est une étape très difficile et très critique (voir Annexe III.1), on entend et on lit souvent qu'avoir une bonne charte de projet est comme avoir réalisé 50% du projet. Cet outil revêt une telle importance car il permet de réunir plusieurs facteurs : (Pillet, 2004) :

- Il aide à construire la vision du changement ;
- Il fournit un objectif constant et cohérent pour les membres de l'équipe de projet ;
- Il aligne clairement les membres de l'équipe et clarifie les missions de chacun ;
- Il indique pourquoi un projet a la priorité sur d'autres ;
- Il décrit l'écart entre l'état actuel et l'état souhaité ;
- Il fournit un point de référence auquel l'équipe peut toujours se référer pour rester dans la même voie et ne pas sortir du périmètre du projet.

Enfin, il est important de souligner qu'une charte de projet est un document dynamique, vivant, qui peut être modifié ou ajusté au cours du déroulement du projet. C'est un document qui permet de cadrer les choses et non pas de les figer (Fanny, 2009).

II. Etape 2 : Mesurer

Un des apports essentiels de Lean Six Sigma est l'importance qui est accordée à la mesure. Même si la mesure est depuis fort longtemps une base de la connaissance, peu d'approches d'amélioration des performances en ont fait un préalable indispensable, comme le Lean Six Sigma le préconise. Rechercher des mesures afin de caractériser le processus conduit à se poser de nouvelles questions, qui induisent une nouvelle vision, entraînant à son tour de nouvelles actions. Lorsque l'entreprise est capable de quantifier la satisfaction des clients sur les

paramètres critiques pour la qualité et le fonctionnement de ses processus, elle peut relier les deux et mettre ainsi en évidence les caractéristiques qui ont un impact fort sur la performance. Elle peut ainsi manager à partir de faits, plutôt que par sensations (Pillet, 2004 ; Harry et *al*, 2010).

1. But de l'étape

L'objectif de cette étape est de rechercher les données pertinentes caractérisant le processus étudié et de mesurer les résultats existants. Ceci permettra d'évaluer correctement la performance des processus impliqués, par comparaison avec les différentes exigences des clients.

2. Conduite de l'étape

L'étape de mesure se décline en trois actions majeures :

2.1. L'analyse du système de mesure

Un des objectifs de l'étape « Mesurer » est de mettre en place un processus de mesure capable de traduire la façon dont on satisfait le client. Comme tous les processus, le processus de mesure se décompose selon les 5M (Moyen, Milieu, Méthodes, Mesurande, Main-d'œuvre). L'analyse du système de mesure permet de distinguer les sources de variabilité tant au niveau du processus étudié qu'au niveau du processus de mesure, plus précisément tant au niveau des opérateurs qui effectuent les mesures qu'au niveau des outils ou des méthodes utilisés pour effectuer ces mesures. L'additivité des variances nous permet d'écrire (Ait Belkacem, 2005) :

$$\sigma_T^2 = \sigma_P^2 + \sigma_M^2$$

Avec:

σ_T^2 : La variance totale ;

σ_P^2 : La variance réelle du processus ;

σ_M^2 : La variance du processus de mesure.

Le but de l'étude du système de mesure est de vérifier que la part de la variance de mesure est faible par rapport à la variance du processus. Autrement dit, il s'agira de vérifier qu'un écart entre deux mesures traduit bien un écart entre deux produits différents.

▪ **Les principales caractéristiques d'un processus de mesure**

Tout processus possède des paramètres qui lui sont propres et il en est de même pour un processus de mesure dont les paramètres principaux sont présentés dans le Tableau III.4 (Harry et al, 2010).

Tableau III.4. Principales caractéristiques d'un processus de mesures

La caractéristique	Définition
Justesse	Ecart systématique entre la moyenne de plusieurs mesures et la valeur de référence.
Linéarité	Différence de justesse sur la plage d'utilisation de l'instrument.
Stabilité	Variation des résultats d'un système de mesure sur une même caractéristique et sur un même produit sur une période de temps prolongée.
Répétabilité	Variations de mesures successives obtenues sur un même mesurande dans les mêmes conditions.
Reproductibilité	Variations de mesures obtenues sur un même mesurande en faisant varier une condition.

Les trois premières caractéristiques dépendent principalement du moyen de mesure et doivent être vérifiées périodiquement par l'entreprise. La plupart des entreprises ont mis en place dans le cadre de l'ISO 9000 une « Gestion des moyens de mesures » permettant d'identifier tous les instruments disponibles dans l'entreprise, de les rattacher aux chaînes d'étalonnage, de planifier une vérification et un étalonnage avec un intervalle adapté de l'ensemble des instruments (Duret et Pillet, 2005).

Les parties répétabilité et reproductibilité dépendent principalement des 4M (Milieu, Méthodes, Mesurande, Main-d'œuvre) autres que « Moyen » dans le processus de mesure. Une bonne gestion des moyens de mesure dans une entreprise ne garantit pas la répétabilité et la reproductibilité. C'est la raison pour laquelle il faut réaliser une étude spécifique appelée Gage R&R (Repeatability & Reproducibility) (Pillet, 2004).

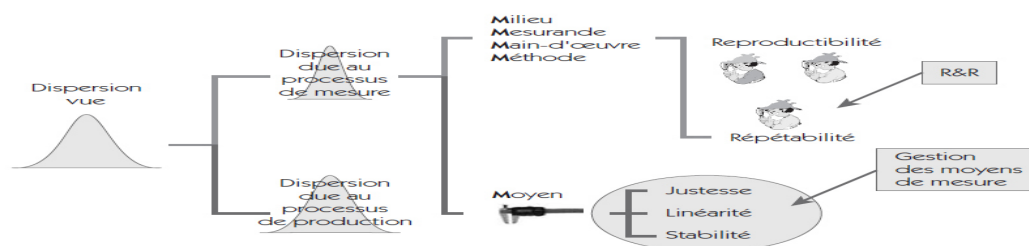


Figure III.3. Décomposition de la dispersion vue (Pillet, 2004, page106)

▪ **Conduire une étude R&R**

Le but de l'étude est de vérifier que la mesure réalisée n'est pas trop sensible au problème de répétabilité et de reproductibilité.

- Pour tester la répétabilité, la même caractéristique est mesurée plusieurs fois par le même opérateur ;
- Pour tester la reproductibilité, on identifie les conditions de mesure qui sont susceptibles de changer (opérateurs différents par exemple) et on réalise une mesure dans les deux conditions.

Il est également important de réaliser ce test sur plusieurs produits différents. En effet, il peut exister des écarts entre deux opérateurs selon la pièce mesurée. Généralement, une étude R&R se conduit sur une dizaine de produits, mesurés au moins deux fois, par au moins deux opérateurs différents. Les opérateurs choisis pour réaliser ce test seront bien sûr ceux qui devront mesurer lors du projet Lean Six Sigma (Shankar, 2009).

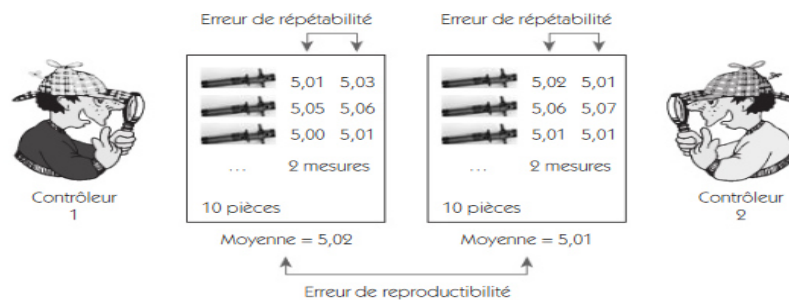


Figure III.4. Répétabilité et reproductibilité (Pillet, 2004, page 35).

L'analyse R&R va consister à analyser la décomposition de la variance totale par rapport aux différentes sources de dispersion (Cano et al, 2012):

- les pièces sont différentes (écarts du mesurande) ;
- les opérateurs sont différents (reproductibilité) ;
- il peut exister une interaction entre les opérateurs et les pièces (reproductibilité) ;
- la variance est résiduelle (répétabilité).

Une fois l'indice R&R calculé, on le compare l'indice à la plage de tolérance du processus visé (limites de spécifications supérieure et inférieure - LSS et LSI). En effet, le système de mesure sert à déterminer l'acceptabilité des pièces par rapport à ces tolérances. Il faut donc s'assurer que la variabilité induite par le système de mesure est de niveau suffisamment bas pour que les conclusions soient valides et que le système ne fausse pas ces conclusions. Le moyen le plus utilisé consiste à calculer le ratio de l'indice R&R sur la plage des tolérances (Harry et *al*,

2010) :

$$R\&R\% = \frac{R\&R}{\text{Intervalle de tolérance}} * 100$$

Trois cas peuvent se présenter :

- Si le pourcentage de la R&R est inférieur à 10 %, le système de mesure est adéquat.
- Si ce pourcentage se situe entre 10 % et 20 %, le système est acceptable, mais il faudra lui accorder une attention particulière.
- Si le pourcentage est supérieur à 20 %, le système doit être rejeté et l'on doit approfondir la question pour apporter les correctifs nécessaires.

2.2. Mesurer le processus

Après s'être assuré de la fiabilité du système de mesure, la seconde phase de l'étape «Mesurer», consiste à réunir des informations sur le processus qui soient mesurables. Ces données peuvent provenir : de résultats disponibles sur le processus ou d'une campagne de mesures qui sera spécialement réalisée. Cependant, pour que ces mesures soient pertinentes, il faudra limiter la variabilité. Pour cela, on commence par améliorer le processus simplement en figeant le plus possible de facteurs suite à une analyse des causes. Dans ce qui suit, nous explicitons les étapes de cette seconde phase de l'étape de mesure.

Etape 1 : Analyse des causes

Cette analyse doit être la plus exhaustive possible afin d'identifier toute source de dispersion. On doit ainsi répondre à la question : « Quelles sont les causes de la variabilité sur le processus source de non-satisfaction des clients ». Pour cela, on définit les variables suivantes (Allen, 2010) :

- **Y** est la sortie ou le résultat du processus perçu par le client, représentant un paramètre critique de la qualité, c'est une variable dépendante ;

- X_n sont les entrées, les facteurs ou les étapes du processus ayant une influence sur Y, ce sont des variables indépendantes.

Le but de cette analyse est d'identifier tous les X_n influents sur le centrage et sur la dispersion de la sortie Y. Pour mener cette analyse il existe plusieurs outils tels que : le diagramme de causes et effets, les 5 Pourquoi ou le brainstorming (Harry et al, 2010).

Étape 2 : Mettre en œuvre une campagne de relevés

La mise en œuvre d'une campagne de relevés s'appuie sur l'analyse des causes. À l'issue de ce travail, on doit avoir une idée précise des éléments pouvant expliquer les variations sur la variable Y. En effet, plusieurs sources de variabilité ont été soulevées sans que l'on ait prouvé réellement leur influence. La campagne de relevés devra permettre la mise en évidence de l'influence de ces différents facteurs (Duret et Pillet, 2005).

Pour simplifier le travail de collecte de données, une feuille de relevé devra être conçue de telle façon qu'elle soit très simple à utiliser et qu'elle nécessite le moins d'écriture possible. À la fin de cette étape, on doit concevoir un tableau de données mettant en relation le Y (la réponse) avec les X potentiels (Furtener, 2009).

Tableau III.5. Tableau de données

	L'effet	Les causes potentielles						
	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	...	X_n
1								
2								
...								
n								

Les relevés formeront un échantillon permettant d'analyser le comportement du système et de déterminer sa performance. L'échantillon doit donc être représentatif et comporter un nombre suffisamment important de valeurs (Ehrlich, 2002).

2.3. Calcul du niveau sigma

Une fois les données sur le processus disponibles, on peut mesurer de façon précise la capabilité du processus en évaluant son « sigma ». Le nombre Z est souvent utilisé pour

déterminer le niveau sigma d'un processus qui représente le nombre d'écart type entre la moyenne et les limites extérieures. Généralement, on distingue deux types de Z.

- Z_{CT} correspond à une dispersion de court terme, appelée aussi Zprocess ;
- Z_{LT} correspond à une dispersion de long terme.

L'objectif de Lean Six Sigma est d'obtenir **une capacité à court terme** telle que Z_{CT} soit supérieure à 6 sans exiger un niveau de capacité long terme à atteindre. Cependant, les entreprises qui pratiquent de manière intensive la méthode demande généralement une performance du processus telle que $Z_{LT} = 4$ (Pillet, 2004).

❖ Les approches de calcul de Z

L'approche utilisée pour calculer le niveau sigma ou bien Z_{CT} dépend essentiellement du type de mesures effectuées. Ainsi, on distingue deux types de mesures (Joglekar, 2003) :

▪ Cas des critères mesurables

La mesure va porter sur une caractéristique d'une pièce ou d'un processus, telles que la longueur, le poids, et la température. Les données comprennent souvent des valeurs fractionnaires (ou décimales).

▪ Cas des critères non mesurables

On compte le nombre d'articles défectueux ou le nombre de défauts par unité. Ainsi, les données sont des nombres entiers. Deux cas de figure peuvent se présenter :

♦ Les articles défectueux

Chaque article est classé dans l'une des deux catégories, comme : oui/non, bon/mauvais, réussite / échec ou défectueux / non défectueux. On compte le nombre d'articles défectueux et on détermine la proportion (ou le pourcentage) d'articles défectueux.

♦ Les Défauts

Chaque article peut avoir plus d'un défaut ou d'une caractéristique indésirable. On compte le nombre de défauts et on détermine le taux d'occurrence.

Les méthodes utilisées dans chaque cas sont présentées dans la Figure III.5.

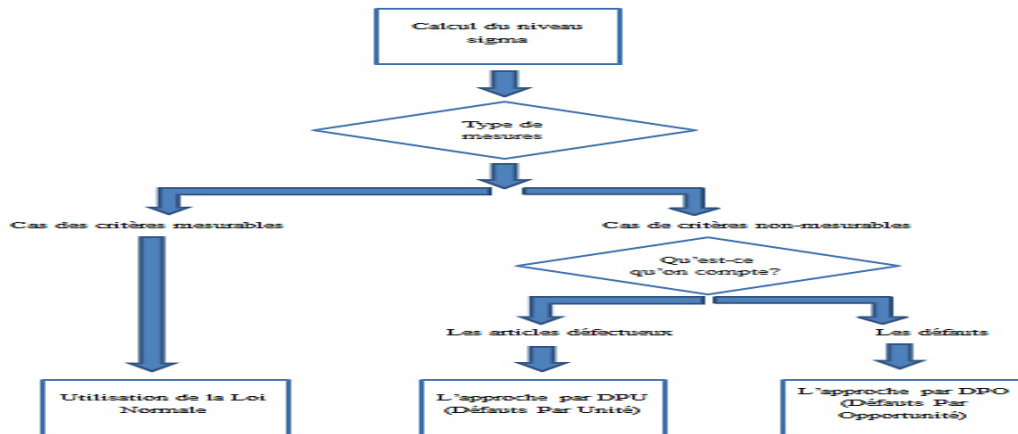


Figure III.5. Différentes approches de calcul de Z

Dans le présent travail, on s'intéressera au cas de critères non mesurables (Articles défectueux) comme il sera explicité dans le chapitre IV. L'approche retenue dans ce cas est le DPU (Défaut Par Unité) comme indiqué dans la Figure III.5 (Voir annexe III.2).

III. Etape 3 : Analyser

Conformément à toutes les méthodes de résolution de problème, Lean Six Sigma impose une phase d'analyse avant de modifier le processus.

1. But de l'étape

Un des points essentiels de Lean Six Sigma consiste à ne rien modifier dans le processus avant l'étape « Innover/Améliorer ». L'étape « Analyser » joue le rôle d'entonnoir à X. Dans l'étape « Mesurer », le groupe de travail a déjà sélectionné un nombre restreint de X parmi tous les X potentiels et il s'agira, à l'issue de cette étape, de ne retenir que les X potentiels candidats pour apporter une amélioration au processus (Pillet, 2004).

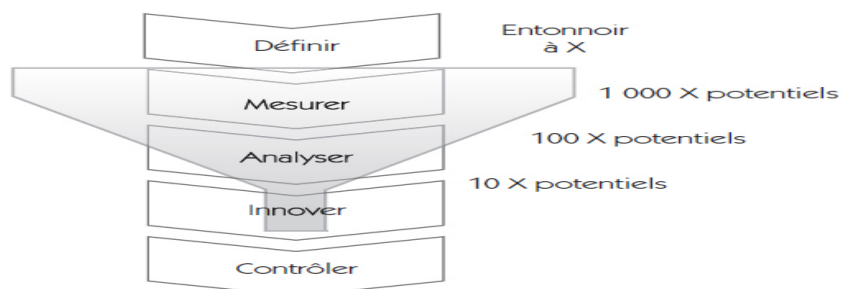


Figure III.6. Étape Analyser : un entonnoir à X (Pillet, 2004, page 41)

2. Conduite de l'étape

L'étape « Analyser » a pour objectif d'augmenter notre connaissance du processus afin de découvrir les causes « racines » de la variabilité et de la performance insuffisante. Pour cela, le LSS peut procéder à trois types d'analyses :

2.1. L'analyse statistique (Pillet, 2004)

L'analyse des données recueillies sera conduite de manière rigoureuse en utilisant les outils statistiques selon le cheminement suivant.

2.1.1. L'analyse comportementale

L'étude du comportement consiste à examiner les X et les Y de façon indépendante en procédant à une analyse descriptive afin de détecter d'éventuelles anomalies telles que la présence de valeurs aberrantes ou une non-normalité. Dans cette phase, on a recours principalement aux outils de visualisation des données et à la statistique descriptive.

2.1.2. L'analyse relationnelle

Elle consiste à rechercher les X qui expliquent la variabilité des Y. À la fin de cette phase, on doit avoir identifié de façon claire les quelques variables sur lesquelles il sera nécessaire d'agir afin d'ajuster le paramètre de sortie Y sur la valeur désirée et de réduire sa variabilité. La question à laquelle on doit répondre est la suivante : la modification d'un X a-t-elle une influence sur le Y ?

Pour l'établissement de relations entre les X et le Y, on s'appuie sur la régression multiple et la statistique inférentielle.

2.2. L'analyse Lean

Lorsque l'analyse concerne l'étude des flux physiques ou informationnels, les outils Lean, tel que la VSM (Value Stream Mapping), sont privilégiés pour la conduite de l'étape d'analyse LSS (George, 2003).

▪ **Cartographie de la Chaîne de Valeur (Garnier, 2010)**

L'outil VSM permet de repérer les sources de gaspillages dans les chaînes de valeur. La constitution de la carte est la première étape de la réorganisation de la chaîne de valeur pour prétendre à un système Lean.

Un projet VSM complet, c'est-à-dire de l'état des lieux jusqu'au réagencement, se déroule suivant les étapes illustrées dans la Figure III.7.

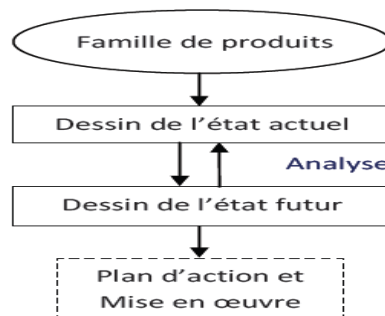


Figure III.7. Déroulement d'une VSM

Déterminer la famille de produits ou services qui fera l'objet de la VSM est la première étape. Puis commence le travail de cartographie à savoir le dessin de l'état actuel dont l'objectif est de présenter un processus de façon rapide et visuelle afin d'aider à cibler les problèmes.

Cependant, la cartographie à elle seule n'apporte aucune solution. Elle permet seulement de réfléchir, d'analyser et de proposer. Puis vient l'étape de dessin de l'état futur. A partir des idées et des observations cumulées pendant les étapes précédentes, il devient possible d'imaginer une meilleure organisation et de la représenter. La dernière partie de la démarche est la rédaction d'un plan d'action et sa mise en œuvre (voir Annexe III.3).

IV. Etape 4: Innover/Améliorer

Après avoir déterminé les sources potentielles de la dispersion lors de l'étape d'analyse, il s'agit à présent d'améliorer le processus afin de le centrer et de diminuer sa variabilité.

1. But de l'étape

Les trois premières étapes de l'application de la méthodologie Lean Six Sigma nous ont permises d'identifier les facteurs responsables de la variabilité. Durant ces étapes, la

configuration du processus n'est pas modifiée afin de ne pas perturber la saisie des données. Dans cette étape, des modifications en profondeur seront apportées au processus afin d'atteindre l'objectif fixé au début du projet.

2. Conduite de l'étape

Cette étape peut être décomposée en quatre phases principales.

2.1.Génération de solutions

La génération de solutions est le fruit d'un travail de groupe. De très nombreux outils ont été développés pour assister les groupes de travail dans ce domaine, dont les plus utilisés sont les suivants (Fréchet, 2005):

- le déballage d'idées pour développer la créativité du groupe et générer un maximum de solutions potentielles ;
- les outils de classification permettant de choisir parmi les différentes solutions proposées les plus prometteuses, qui seront testées.

2.2.L'expérimentation

Après avoir identifié les facteurs clés et orienté la recherche de solutions, il s'agit à présent de tester ces dernières et d'optimiser les configurations au moyen d'expériences (Harry et *al*, 2010).

Parmi les nouvelles tendances du Lean Six Sigma les modèles de simulation sont beaucoup utilisés pour mener cette phase. En effet, la simulation permet aux experts Lean Six Sigma de tester des idées sur la façon d'améliorer les processus sans perturber les opérations en cours. Les modèles de simulation montrent comment un processus se comporter, à la fois avant et après la mise en œuvre des principes de rationalisation. Ces propriétés font de la simulation un élément puissant de la boîte à outils du Lean Six Sigma (El-Haik et Al-Aomar, 2006).

2.3.Analyse des risques

Chaque fois qu'une nouvelle solution est choisie, qu'une modification est apportée à un processus, que ce soit du point de vue organisationnel ou technologique, cela implique toujours un risque potentiel qui doit être détecté de façon préventive.

Dans cette étape « Innover/améliorer », le groupe de travail innove en modifiant les procédures, les processus et le niveau des facteurs. Il y a donc un risque que ces modifications aient des conséquences qui n'apparaissent pas au premier abord. Si on veut limiter les risques, il faut réaliser une analyse formelle des défaillances potentielles du nouveau système que l'on vient de concevoir. (Pillet, 2004).

2.4. Planification de la mise en œuvre de la solution

Une fois la solution retenue, on doit planifier sa mise en œuvre. Cette planification doit prendre en compte l'identification des différents acteurs de ce changement qui dépassent souvent le cadre du groupe de travail « Lean Six Sigma ». On doit considérer également les différentes tâches à réaliser et leurs liaisons afin de pouvoir réaliser un Gantt. Pour chaque étape, on doit identifier un responsable, une production, un délai et un coût (Ehrlich, 2002).

V. Etape 5 : contrôler

1. But de l'étape

Le processus ayant été amélioré lors de l'étape 4, il faut tout mettre en œuvre pour garantir que ces améliorations soient maintenues et que le processus ne se dégradera pas. Cette cinquième étape a pour objectif de se donner les moyens de mettre sous contrôle le processus afin de s'assurer de la stabilité de la solution trouvée.

2. Conduite de l'étape

Dans cette étape, le LSS fait appel à une multitude d'outils. Nous développerons dans ce qui suit ceux utilisés dans notre travail.

- **La carte de contrôle** est l'un des outils de base utilisé pour la maîtrise statistique des procédés. L'utilisation d'une carte de contrôle repose sur l'échantillonnage d'un processus qui évolue dans le temps. Il faut établir la variable mesurée, la taille de l'échantillon, l'intervalle entre deux prélèvements successifs et les règles de décision appliquées (Azzabi, 2010).

- **Le management visuel** repose sur l'utilisation d'indications visuelles pour garantir le bon déroulement des activités. Cette démarche permet de rendre visibles les écarts par rapport à un standard ou à une situation attendue, et de provoquer des comportements ou réactions pour revenir à une situation « normale ». (Lyonnet, 2010).

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordé le déploiement de la démarche LSS suivant le cycle DMAIC. Pour chacune des étapes, nous avons explicité les objectifs poursuivis, énuméré les phases à travers lesquelles elle se réalise et défini les outils et méthodes qui s'adaptent à notre situation.

Ceci nous a permis de disposer d'un plan de déploiement global et détaillé qui nous guidera et facilitera l'approche, la formulation et la résolution des différentes problématiques que vit MM. Ainsi, après avoir développé les aspects théoriques relatifs à la démarche LSS, le chapitre qui suit expose les résultats auxquels nous sommes parvenus en l'appliquant à MM.

Chapitre IV:

Réalisation de l'étape de Définition

Introduction

Après la présentation des fondements du Lean Six Sigma et de son déploiement, les résultats de son application au sein de la fonction Materials Management seront présentés dans les chapitres qui suivent. Comme le déploiement commence par l'étape de Définir, le présent chapitre aura pour ambition de donner une synthèse de la démarche suivie et des résultats obtenus dans cette étape.

Comme déjà décrit dans le chapitre III, cette étape comprend deux phases majeures : la première consiste à déterminer le champ de travail le plus adapté dans le cadre de la stratégie de l'entreprise ; la seconde vise, une fois le champ sélectionné, à réaliser un état des lieux pour choisir les projets qui auront le plus d'impact sur la satisfaction des clients et les performances de l'entreprise. Avant de conclure ce chapitre, nous présenterons un schéma directeur qui facilitera la compréhension des études menées pour les différents projets sélectionnés.

I. Prédéfinition du projet

Dans notre cas, le choix de la direction du « *Management de la Supply Chain* » de Schlumberger de nous orienter vers la fonction Materials Management (MM) est une décision prise suite à ses faibles performances et donc à la prise de conscience d'une nécessité d'amélioration.

Cette étape préliminaire a permis de faire le choix du champ adéquat dans l'entreprise, sur lequel porteront les améliorations. En plus d'avoir fourni **un périmètre limité** à notre travail, elle a atteint ses objectifs en termes de nécessité d'identifier :

- **Un vrai problème** : La fonction Materials Management n'a pas atteint ses objectifs en termes de réduction des coûts, des délais et de qualité de service à ses clients;
- **Un vrai client** : Les segments opérationnels, qui sont très critiques vis-à-vis des performances de MM, sont motivés par l'amélioration de cette fonction car leurs performances en dépendent.
- **Des gains significatifs** : L'amélioration de la fonction MM, en termes de maîtrise des coûts et d'accélération des flux, se traduira par une meilleure réactivité de la chaîne logistique globale.

II. Définition du projet

Le champ à améliorer étant identifié, nous avons entamé le déroulement de la démarche DMAIC par la réalisation de l'étape de définition proprement dite. Comme déjà spécifié dans

le chapitre III, cette étape se déroulera en trois phases complémentaires : la cartographie des processus, l'identification de la voix des clients et enfin la rédaction des chartes de projet.

1. La cartographie des processus

La fonction Materials Management est responsable de la gestion des entrepôts et de la gestion des stocks des segments opérationnels. Ces deux fonctions doivent réaliser des activités qui sont organisées autour de plus d'une vingtaine de processus (Schlumberger, 2013). Dans ce travail, seules les cartographies de cinq processus clés seront réalisées à savoir : **le processus de commande, de réception, d'expédition, d'inventaire et de transfert de matériel**. En dehors du fait que l'entreprise définit ces processus comme étant des processus clés, nous les avons retenus pour les raisons suivantes :

- Les processus choisis sont les seuls à être exécutés sur une base quotidienne et sont principalement ceux qui sont en contact avec les clients ;
- Certains processus englobent d'autres sous-processus comme le processus de réception qui est composé de trois sous-processus définis indépendamment par les procédures : réception, casage et émission du rapport de non-conformité ;
- Les processus non retenus sont soit des processus qui interviennent lors de la conception de l'entrepôt comme l'organisation générale de l'entrepôt; soit des processus de planification comme la planification de l'inventaire, ou bien des processus pris en charge par le système de gestion des entrepôts (WMS) tels que la classification ABCD et le calcul des Min/Max, ou encore des processus qui ne sont pas opérationnels comme le VMI (Vendor Management Inventory).

Comme déjà explicité dans le chapitre III, la cartographie des processus sera réalisée à l'aide du diagramme SIPOC. Dans ce qui suit, une brève description de chacun des cinq processus choisis avec leurs cartographies, sera présentée.

1.1.Le processus de commande

C'est le processus par lequel les consommables (M&S) et les produits (Inventory) sont systématiquement commandés auprès des fournisseurs internes ou externes en utilisant un système d'achat approuvé (SWPS, ou OFS Stores). L'entreprise distingue deux ordres d'achat : **l'ordre spécial** qui concerne des articles qui ne sont pas stockés ou des articles qui ont un point de commande nul et **l'ordre planifié** relatif aux M&S et Inventory entrant dans le cœur de métier des segments et ayant des points de commande non nuls.

Le processus cartographié par SIPOC est celui des **ordres planifiés** car étant le processus le plus important en terme de flux et dont l'exécution dépend principalement de MM. Par contre, **l'ordre spécial** est exécuté par la fonction procurement.

Processus de commande				
Fournisseurs	Input	Processus	Output	Clients
WMS	Rapport de Réapprovisionnement	Revoir le Rapport de Réapprovisionnement ↓	Quantités Revues	Magasinier
Magasinier	Quantités Revues	Créer la transaction ↓	Carte d'achat (Shopping Card)	WMS
WMS Segment	Carte d'achat Prévision	Approuver	Ordre d'achat (PO)	SWPS Fournisseurs

Figure IV.1. Cartographie SIPOC du processus de commande

1.2.Le processus de réception

Il assure l'entrée des produits dans l'entrepôt et se déclenche lorsqu'un véhicule arrive au quai pour être déchargé et se termine une fois que le materiel reçu est disponible en stock (physiquement et informatiquement) pour les clients.

Processus de réception				
Fournisseurs	Input	Processus	Output	Clients
Fournisseurs/Logistique/ Segment/Entrepôt	Moyen de transport/Bon de livraison/Matériel/ Chariot Elevateur	Décharger ↓	Matériel/ Packing List	Magasinier
Fournisseur	Matériel/Packing List	Contrôle Physique ↓	Rapport de Conformité	Magasinier/ Système des rapport (QUEST)
Fournisseur/WMS	Packing list/ Ordre d'achat (PO)	Réception informatique ↓	Bon de réception	WMS
WMS	Rapport de bonne réception (Références, Adresses)	Casage	Matériels stockés	Zone de stockage

Figure IV.2. Cartographie SIPOC du processus de réception

1.3. Le processus d'expédition

Ce processus transforme un besoin client matérialisé par une commande en une livraison du matériel demandé. La commande peut être soit un support papier qu'on appellera RF ou bien une transaction électronique créée dans le WMS.

Processus d'expédition				
Fournisseurs	Input	Processus	Output	Clients
Segment	RF approuvée/ Transaction créée dans le WMS	Recevoir la commande du client	Commande Acceptée	Magasinier
		↓		
WMS	RF approuvée/ Transaction créée dans le WMS	Compléter RF/ Imprimer la liste de Picking	RF Complétée/ Liste du picking	Magasinier
		↓		
Magasinier	RF Complétée/ Liste du picking	Prélever le matériel demandé	Commande préparée	Magasinier
		↓		
Magasinier	Commande préparée	Livrer le client	Matériels demandé	Segment
		↓		
Magasinier	RF servie/ Numéro de la transaction	Créer la transaction/Clore la transaction déjà créée	Transaction Close Rapport de l'audit	WMS Système des
		↓		
Magasinier	RF Complétée/ Liste du picking	Archiver		Archive

Figure IV.3. Cartographie SIPOC du processus d'expédition

1.4. Le processus d'inventaire

Le processus d'inventaire, qu'il soit annuel ou tournant, est en charge du contrôle et de l'amélioration de l'exactitude des inventaires. Le site exécute uniquement le processus de l'inventaire tournant sur une base quotidienne en accordant plus d'attention aux articles appartenant aux classes importantes selon la classification ABCD (4 fois par an pour la classe A, 2 fois pour la classe B et 1 fois pour les classes C et D).

Processus d'inventaire				
Fournisseurs	Input	Processus	Output	Clients
WMS Superviseur	Planning trimestriel Transactions en cours complétées	Identifier les articles à compter	Liste du compte	Magasinier
		↓		
Magasinier	Liste du compte	Compte Aveugle	Compte	Superviseur
		↓		
Superviseur	Compte	Analyse du Compte	Variance	Superviseur
		↓		
Superviseur	Variance	Introduire les résultats dans le WMS	Transaction de l'inventaire	Segment Finance
		↓		
Superviseur Finance Segment	Variances Approbation Matrice de sévérité	Cloturer la transaction	Transaction cloturée Rapport de l'audit	WMS Système des rapports(QUEST)

Figure IV.4. Cartographie SIPOC du processus d'inventaire

1.5. Le processus de transfert de matériel (FMT)

C'est le processus qui organise les mouvements physiques et financiers des articles entre les locations et leurs centres de coût respectifs, permettant ainsi de réduire les excès de stocks et éviter l'obsolescence et la péremption des produits.

Processus de Transfert du matériel (FMT)				
Fournisseurs	Input	Processus	Output	Clients
Location Demandeuse	Demande	Compter	Quantité disponible	Segment
		↓		
Segment	Approbation	Préparer les documents de transfert	Documents de transfert	Logistique
		↓		
Magasinier	Documents	Etudier la possibilité de FMT	Informations sur les coûts	Location Demandeuse
		↓		
Location Demandeuse Magasinier	Approbation Emballage	Emballage et création de la transaction dans le WMS	Transaction Matériel Emballé	Segment
		↓		
Segment/Magasinier Finance / Logistique	Matériel emballé Approbation Documents de transport	Expédier	Matériel transféré	Location demandeuse

Figure IV.5. Cartographie SIPOC du processus FMT

2. L'identification de la voix du client

Après avoir cartographié les processus clés de MM, la deuxième étape consiste à identifier la voix de ses clients selon le cheminement décrit au chapitre III.

2.1.L'identification des clients

Les services de MM sont délivrés à des clients internes en relation avec MM à travers les processus décrits par la cartographie SIPOC. Cette dernière permet d'identifier les entités qui sont le plus souvent mentionnées dans la rubrique « *Clients* » et qui sont : les segments, la finance et la logistique. Nous pouvons diviser ces clients en deux groupes : le premier composé uniquement des segments et le second englobe les fonctions finance et logistique. Même si toutes ces entités apparaissent comme des clients de MM dans la perspective des processus, il n'y a que le premier groupe qui est le véritable client dans le sens où il est le destinataire du service de MM alors que, le deuxième groupe englobe des fonctions, qui comme MM, sont dites de supports et visent la satisfaction des clients du premier groupe.

Dans la suite du travail, on désignera par clients les segments opérationnels qui sont au nombre de six (D&M, REW, DST, STT, RSA/RSL et ALS) et par voix de client l'ensemble des besoins de ces segments.

2.2. La collecte des données

Pour réaliser cette collecte, nous avons choisi la méthode d'interview qui s'adapte le plus à notre contexte comme déjà explicité au chapitre III. Il était donc important de préparer un ensemble de questions qui s'enchaînent de façon cohérente et qui amènent le client à exprimer ses besoins et ses attentes par rapport à MM de différentes manières (voir Annexe IV.1.).

Suite à cela, des rencontres avec les différents Managers des segments ont été planifiées. Aux dates convenues, les interviews ont été menées avec les Managers en prenant le soin de prendre note de tout élément susceptible d'explicitier leurs besoins. Il est à noter que nous avons supposé que les appréciations et les besoins exprimés par chaque Manager représentaient les appréciations et les besoins partagés par l'ensemble de leurs segments respectifs.

2.3. Analyse des besoins clients

Après la collecte des données auprès des clients concernés, une analyse de ces données a été effectuée en utilisant un outil dédié : la Table de la Voix du Client (VOCT). Ainsi, pour chaque client, toutes les notes prises pour renseigner les trois colonnes de cette table : « Difficultés », « Besoins » et « Solutions », ont été classées. Après la reformulation des besoins exprimés de façon explicite par le client, une analyse a été menée pour comprendre pourquoi tel problème a été soulevé ou telle solution a été proposée par le client et expliciter ainsi le besoin inexprimé qui sous-tend ses plaintes ou ses propositions.

Le Tableau IV.1 montre les résultats de cette analyse pour le segment REW. Les autres tables sont présentées dans l'Annexe IV.2.

Tableau IV.1. VOCT du segment REW

Difficultés	Besoins	Solutions
Min/Max incorrects	Disponibilité	Amélioration du calcul du Min /Max
Ecart d'inventaire	Exactitude de l'inventaire	
Délai long de traitement (Commande, Expédition)	Rapidité des traitements	
Physiquement éloigné		
Manque communication Retard dans la transmission de l'information	Accessibilité	Personnes dédiés aux segments
	Visibilité	Rapport de consommation

A la fin de l'analyse des besoins de tous les clients, nous avons identifié six besoins présentés dans le Tableau IV.2, avec leurs définitions.

Tableau IV.2. Besoins synthétisés des clients avec leurs définitions

Besoin	Définition
Exactitude de l'inventaire	Les données du WMS reflètent ce qui est disponible réellement.
Disponibilité	Le client trouve toujours ce qu'il demande (Pas de rupture).
Rapidité des traitements	Le client est servi dans un minimum de temps.
Réduction de l'excès des stocks	Ramener le niveau de stock au plus juste.
Accessibilité	L'organisation est claire, les procédures bien définies et les rôles bien déterminés.
Visibilité	Le client peut à tout moment voir ce qu'il consomme, ce qui n'est pas disponible, les articles dont la date d'expiration approche.
Réduire le risque d'obsolescence et de péremption	Réduire les pertes financières dues à l'obsolescence ou à la péremption.

Une fois les besoins explicités et formulés de façon claire et concise, de nouvelles rencontres avec les personnes déjà interviewées ont été organisées afin de leur présenter la liste des besoins exprimés par l'ensemble des segments. Pour chaque client, nous avons présenté la liste complète et pas uniquement les besoins qu'il a lui-même exprimé en partant du principe que le client peut oublier de citer une attente alors qu'elle est importante pour lui. Après validation de la formulation des besoins par les clients, il leur a été demandé de les prioriser en leur attribuant une note sur une échelle de 1 à 5. Une fois toutes les pondérations recueillies, nous avons affecté, à chaque besoin, un poids global égal à la moyenne arithmétique des poids attribués à ce même besoin par les segments. Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau IV.3.

Tableau IV.3. Pondération des besoins des clients

Besoin	D&M	DST	STT	RSA/RSL	ALS	REW	Moyenne	Pourcentage
Exactitude de l'inventaire	5	5	5	5	5	5	5,00	19%
Diponibilité	5	3	5	4	5	4	4,33	16%
Rapidité des traitements	5	5	4	2	4	4	4,00	15%
Réduire l'excès de stocks	5	5	3	3	3	3	3,67	14%
Accessibilité	3	3	4	5	3	3	3,50	13%
Visibilité	2	2	4	5	5	3	3,50	13%
Réduire le risque d'obsolescence et de péremption	2	3	2	3	5	1	2,67	10%

2.4. Transformation des besoins clients

Après la formulation et la priorisation des besoins des clients, nous allons faire appel, durant cette phase, au déploiement de la fonction qualité (QFD) afin de transformer les besoins des clients en exigences techniques et d'obtenir un ensemble de métriques pour mesurer la satisfaction des clients ; ces métriques seront utilisés dans la deuxième étape de « *Mesure* ».

Le déploiement de la fonction qualité sera déroulé en trois Maisons de Qualité (HOQ) : HOQ 1, HOQ 2, HOQ 3 que nous avons construit pas à pas durant des séances de brainstorming auxquelles ont participé des membres de MM.

- **La première maison de qualité (HOQ 1)**

Pour la matrice HOQ 1, les besoins avec leurs poids ont été listés dans la chambre des « Quoi ». Cette matrice ayant pour objectif de mettre en relation les besoins des clients avec les exigences techniques, ou plus précisément, avec ce que l'organisation devra mettre en œuvre pour répondre à ces besoins, nous avons déterminé pour chaque besoin les exigences

techniques nécessaires pour sa satisfaction. Après que l'analyse eut été faite pour l'ensemble des besoins, ces exigences ont été placées dans la chambre des « Comment » de la HOQ 1. Suite à cela, nous avons déterminé la force des relations entre les besoins des clients et les exigences techniques, c'est-à-dire l'importance de l'impact que ces dernières sur la satisfaction des besoins des clients. Enfin, comme étape finale de la construction de cette première matrice HOQ 1, les poids des exigences techniques ont été calculés sur la base de l'importance des besoins et de la force des relations. Les résultats sont illustrés par la Figure IV.6.

HOQ 1

Projet: Amélioration des performances de MM

					Colonne #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
					Direction de l'amélioration														
Ligne #	Graphe des poids	Poids Relatif	Poids absolu	Relation Maximale	Besoins des Clients	Exigences Techniques													
						Politique de réapprovisionnement adaptée	Prévision fiable de la demande	Systèmes d'information renseignés en temps réel	Moyens de manutention et de stockage	Signalitique	Personnel suffisant et compétent	Planification et ordonnancement	Système d'identification et de traçabilité	Techniques de préparation de commande	Organisation rationnelle de l'entrepôt	Communication	FIFO/FEFO	JAT	
1		16%	4,33	9	Disponibilité des articles	●	●	●		▽	●	○					●	○	●
2		15%	4	9	Rapidité des traitement	○		●	●	●	●	○	●	●	●	○			●
3		19%	5	9	Exactitude de l'inventaire			●		●	●	●	●		○				
4		10%	2,67	9	Reduction du risque d'obsolescence et de péremption	▽	○	●	○		●						●	●	▽
5		14%	3,67	9	Reduction de l'excès des stocks	●	●	●			●	▽					●		●
6		13%	3,5	9	Accessibilité						●	●					●		
7		13%	3,5	9	Visibilité			●			●	▽	▽				●		
Relation Maximale						9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Poids absolu						325	300	783	165	322	900	408	319	135	192	639	138	415	
Poids Relatif						6%	6%	16%	3%	6%	18%	8%	6%	3%	4%	13%	3%	8%	
Graphe des poids																			

Figure IV.6. Première maison de qualité (HOQ 1)

▪ La deuxième maison de la qualité (HOQ 2)

L'objectif de cette matrice est de mettre en lien les exigences techniques et les processus en relation avec ces exigences. La construction de cette matrice commence donc par la transposition, dans la première chambre de cette seconde matrice, des exigences techniques et de leurs poids obtenus dans la première matrice. Par la suite, nous avons déterminé le processus pour lequel ces exigences techniques devraient être présentes ou les processus qui permettent la réalisation de ces exigences. Comme dans la première matrice,

nous avons déterminé la force des relations entre les Quoi et les Comment de la matrice ainsi que l'importance des processus. Les résultats sont illustrés par la Figure IV.7.

HOQ 2

Projet: Amélioration des performances de MM

Ligne #	Graphe des poids	Poids Relatif	Poids absolu	Relation Maximale	Colonne #	1	2	4	5	6	7	8
					Direction de l'amélioration	Processus de commande	Réception	Expédition	Retour	Processus d'élimination	Inventaire	Transfert
					Exigences Technique							
1		6%	325	9	Politique de réapprovisionnement adaptée	●	○	○			●	
2		6%	300	9	Prévision fiable de la demande	●		●			○	
3		16%	783	9	Systèmes d'information renseigné en temps réel	●	●	●	○	○	●	○
4		3%	165	9	Moyens de manutention et de stockage		●	●				
5		6%	322	9	Signalitique		●	●	○			
6		18%	900	9	Personnel suffisant et compétent	●	●	●	●	●	●	●
7		8%	408	9	Plannification et ordonnancement	●	●	●			●	○
8		6%	319	9	Système d'identification et de traçabilité		●	●	▽	▽	●	▽
9		3%	135	9	Techniques de préparation de commande			●				○
10		4%	192	9	Organisation rationnelle de l'entrepôt		●	●			●	
11		13%	639	9	Communication	●	●	●	●	●	●	●
12		3%	138	9	FIFO/FEFO		○	○	○	●		▽
13		8%	415	9	JAT	●	●	●				
					Relation Maximale	9	9	9	9	9	9	9
					Poids Absolu	675	765	846	360	360	657	369
					Poids Relatif	17%	19%	21%	9%	9%	16%	9%
					Graphe des poids							

Figure IV.7. Deuxième maison de qualité (HOQ 2)

Cette deuxième matrice, en fournissant une priorisation des processus selon le client, nous permet déjà d'orienter l'effort d'amélioration. Il apparaît que les processus les plus importants et donc, ceux sur lesquels les efforts devraient être concentrés pour améliorer de manière tangible la satisfaction de ces clients sont, dans un ordre décroissant d'importance : le processus d'expédition, le processus de réception, le processus de commande et le processus d'inventaire. Ces processus sont fortement liés aux besoins que les clients ont considérés comme prioritaire, à savoir : l'exactitude de l'inventaire, la disponibilité, la rapidité des traitements et la réduction des excès de stock. Quant aux autres processus, ils ont de faibles

ponds comparativement aux premiers car ils sont, soient liés aux besoins que les clients ne considèrent pas comme très importants, soient liés quand même aux besoins importants mais de façon faible.

- **La troisième maison de la qualité (HOQ 3)**

Ayant comme objectif l'amélioration des performances de MM, la priorisation des processus à améliorer obtenue dans la deuxième matrice HOQ 2 reste insuffisante. Pour pouvoir améliorer, il est nécessaire de disposer de métriques qui puissent nous renseigner sur la situation actuelle et pour lesquelles il sera possible de fixer des valeurs cibles comme objectifs. C'est uniquement par le biais de ces métriques que l'on pourra vérifier l'efficacité d'une solution et confirmer l'amélioration de la situation.

La dernière matrice HOQ 3 vient répondre à cette exigence en permettant de mettre en évidence les métriques qui devraient être utilisées pour piloter les projets d'amélioration. Ainsi, pour construire cette matrice, nous avons choisi un ensemble de métriques qui couvrent les aspects de la gestion des stocks et de la gestion des entrepôts ayant un rapport avec les besoins des clients. Ensuite, nous avons mis en relation ces métriques avec les processus qui les influencent. Parallèlement à l'influence des processus sur les métriques, il a fallu déterminer le sens d'amélioration pour ces métriques puis l'influence que l'action d'amélioration d'une métrique aura sur les autres au niveau du toit de la maison.

Nous avons alors défini, une relation positive entre deux métriques, sans toutefois qu'elle soit toujours bijective, s'il y a une synergie entre ces deux métriques, c'est-à-dire que l'amélioration de l'une conduira à l'amélioration de l'autre. Par contre, la relation négative signifie que l'amélioration d'une métrique aura pour effet de dégrader l'autre. Nous avons ainsi obtenu une priorisation des métriques sur la base des priorités des processus et de la force des relations entre ces processus et les métriques. Les résultats sont illustrés par la Figure IV.8.

HOQ 3

Projet: Amélioration des performances de MM

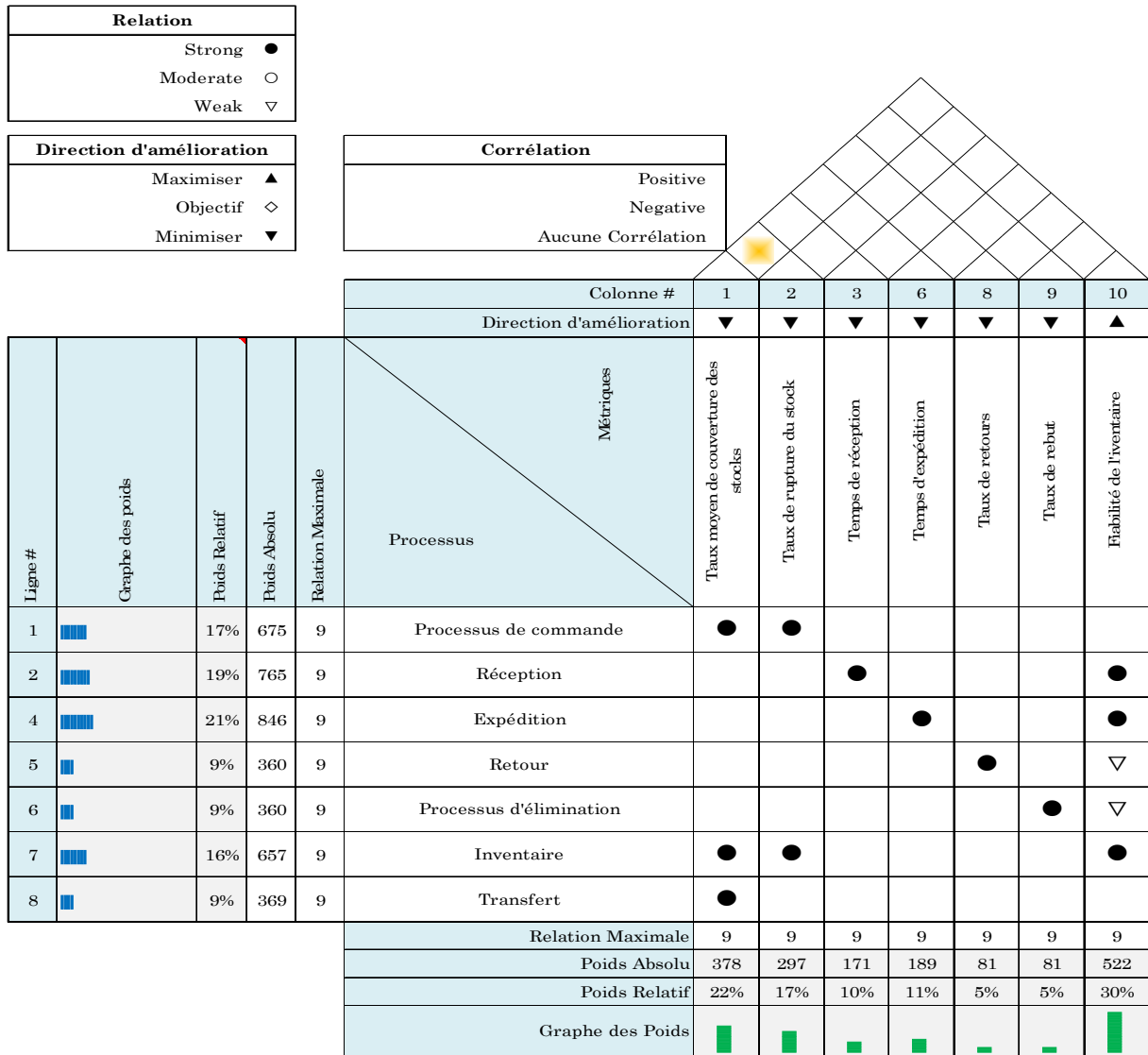


Figure IV.8. Troisième maison de qualité (HOQ 3)

Contrairement à la deuxième matrice qui indique les processus sur lesquels l'organisation devra se concentrer pour améliorer la satisfaction de ses clients, cette troisième matrice permet de prioriser les métriques. Avec cette dernière matrice, la QFD a atteint son objectif, celui d'intégrer de façon formelle les besoins des clients dans l'organisation. Bien que clairs et concis, ces besoins nécessitent d'être quantifiés. Ainsi, cet outil a permis de déterminer l'ensemble des métriques auxquelles les gestionnaires devraient prêter attention dans leur gestion au quotidien et qui devraient aussi être utilisées pour piloter les projets d'amélioration.

En analysant les résultats obtenus dans cette dernière matrice, nous remarquons que certaines métriques nécessitent plus d'attention que d'autres. Le degré d'importance de ces métriques étant principalement issu de la priorisation que les clients ont opérée sur leurs besoins, nous utiliserons le diagramme de Pareto pour déterminer un nombre réduit de métriques qui constitueront l'objectif d'amélioration tout en assurant une plus grande satisfaction des clients.

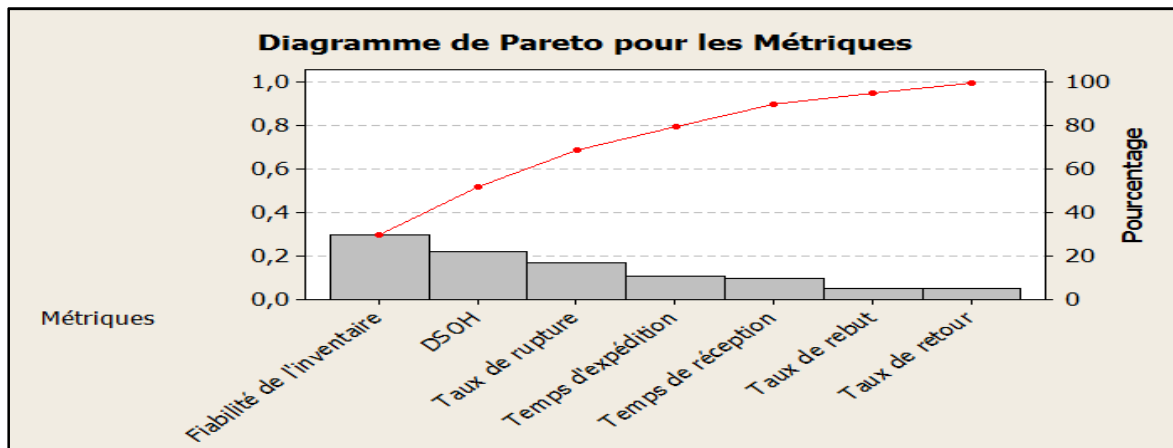


Figure IV.9. Diagramme Pareto pour les métriques

Du diagramme de Pareto (Figure IV.9), nous pouvons confirmer que l'amélioration des quatre premières métriques, à savoir : Fiabilité de l'inventaire, Taux moyen de couverture des stocks (DSOH), Taux de rupture et temps d'expédition vont contribuer à assurer environ 80% de la satisfaction des clients. Ainsi, il s'agira dès lors de se concentrer uniquement sur ces métriques, se focaliser sur les processus dont les performances sont traduites par ces métriques et enfin définir des projets qui ont pour objectifs l'amélioration de ces processus.

3. Rédaction des chartes de projet

Dans cette dernière phase, la synthèse de toute l'étape de définition est réalisée en vue de sélectionner les projets qui devraient être menés afin de répondre aux besoins des clients et de situer ces projets d'amélioration au niveau des processus.

Pour ce faire, nous avons tout d'abord confronté la voix des processus et la voix des clients, capturés respectivement par SIPOC et la Voix du Client. Cette confrontation a permis de définir trois projets nommés : *Projet I*, *Projet II* et *Projet III*. Par la suite, nous avons confronté les projets sélectionnés à la voix de l'entreprise et plus particulièrement à la

stratégie de MM en les soumettant au management de cette organisation. Les projets ont été jugés en cohérence avec la stratégie car poursuivant les mêmes objectifs que l'organisation.

Dans ce qui suit, nous exposerons brièvement le raisonnement qui a présidé à la rédaction des chartes des trois projets et plus particulièrement la rédaction de l'énoncé du problème, du Business case et du choix du Périmètre.

- **Projet I**

En se basant sur les résultats obtenus par l'utilisation de QFD, la première métrique qui devrait faire l'objet d'amélioration est « *la fiabilité de l'inventaire* », avec une importance relative de 23%. L'importance de cette métrique s'explique par le fait que tous les clients interrogés ont considéré l'exactitude de l'inventaire comme étant le besoin le plus important pour eux. On associant cette métrique au *Projet I*, on déduit que ce dernier aura comme objectif d'améliorer la fiabilité de l'inventaire. Mais avant de se fixer un objectif, il était important de cerner la situation actuelle de l'organisation en termes de fiabilité de l'inventaire. Le problème étant quantifié et mis en relation avec la voix du client, son énoncé dans la charte de projet peut être rédigé. Puis il était nécessaire d'expliquer pourquoi le projet d'amélioration de la fiabilité d'inventaire était important pour l'entreprise et quels seraient les bénéfices qu'elle pourrait en tirer et surtout, d'énumérer quelques conséquences négatives de sa non-réalisation. Enfin, pour que le projet soit réaliste, nous avons restreint son périmètre aux trois processus opérationnels qui ont le plus d'influence sur la fiabilité d'inventaire, à savoir : la réception, l'expédition et l'inventaire (Voir HOQ 3).

La charte de ce projet est présentée dans l'Annexe IV.3.

- **Projet II**

Toujours sur la base des résultats de QFD, les métriques qui viennent après la fiabilité de l'inventaire sont : le taux moyen de couverture des stocks, le taux de rupture et le temps de d'expédition. *Le projet II* concernera uniquement les deux premières métriques. Cette exception est due à la relation qui existe entre ces deux métriques. En effet, dans le toit de la HOQ 3, la relation est définie comme étant négative (-), ce qui exprime l'idée du conflit entre ces deux métriques dans la mesure où on ne peut améliorer une sans dégrader l'autre. Pour éviter que cela ne se produise, il paraissait tout à fait logique de les intégrer dans un seul projet. Avec ces deux métriques, le projet d'amélioration peut être ramené à la résolution de la problématique classique de la gestion des stocks en poursuivant l'objectif d'atteindre un

niveau minimal des stocks tout en évitant les ruptures. Ainsi, pour rédiger l'énoncé du problème pour ce projet, il a fallu identifier les performances de MM concernant la gestion des stocks en calculant le DSOH et le taux de rupture actuel. Indépendamment de la fiabilité des données qui est déjà prise en charge par le *Projet I*, le niveau de stocks dépend principalement du processus de commande et de la politique de réapprovisionnement qui le sous-tend. Ce projet concernera donc uniquement le processus de commande.

La charte de ce projet est présentée dans l'Annexe IV.3.

- **Projet III**

Dans l'objectif d'atteindre potentiellement 80% de la satisfaction des clients, le dernier projet concerne l'amélioration du temps de service lors du processus d'expédition. Ainsi, ce processus se trouve à la croisée de deux projets d'amélioration : *le Projet I et III*, ce qui justifie son importance soulignée dans HOQ 2. Par ailleurs, il est vu selon des perspectives différentes dans les deux projets. En effet, dans *le projet III*, l'objectif est de réduire le temps de services en accélérant le processus vu que les clients se plaignent de la lenteur des traitements.

La charte de ce projet est présentée dans l'Annexe IV.3.

III. Schéma directeur

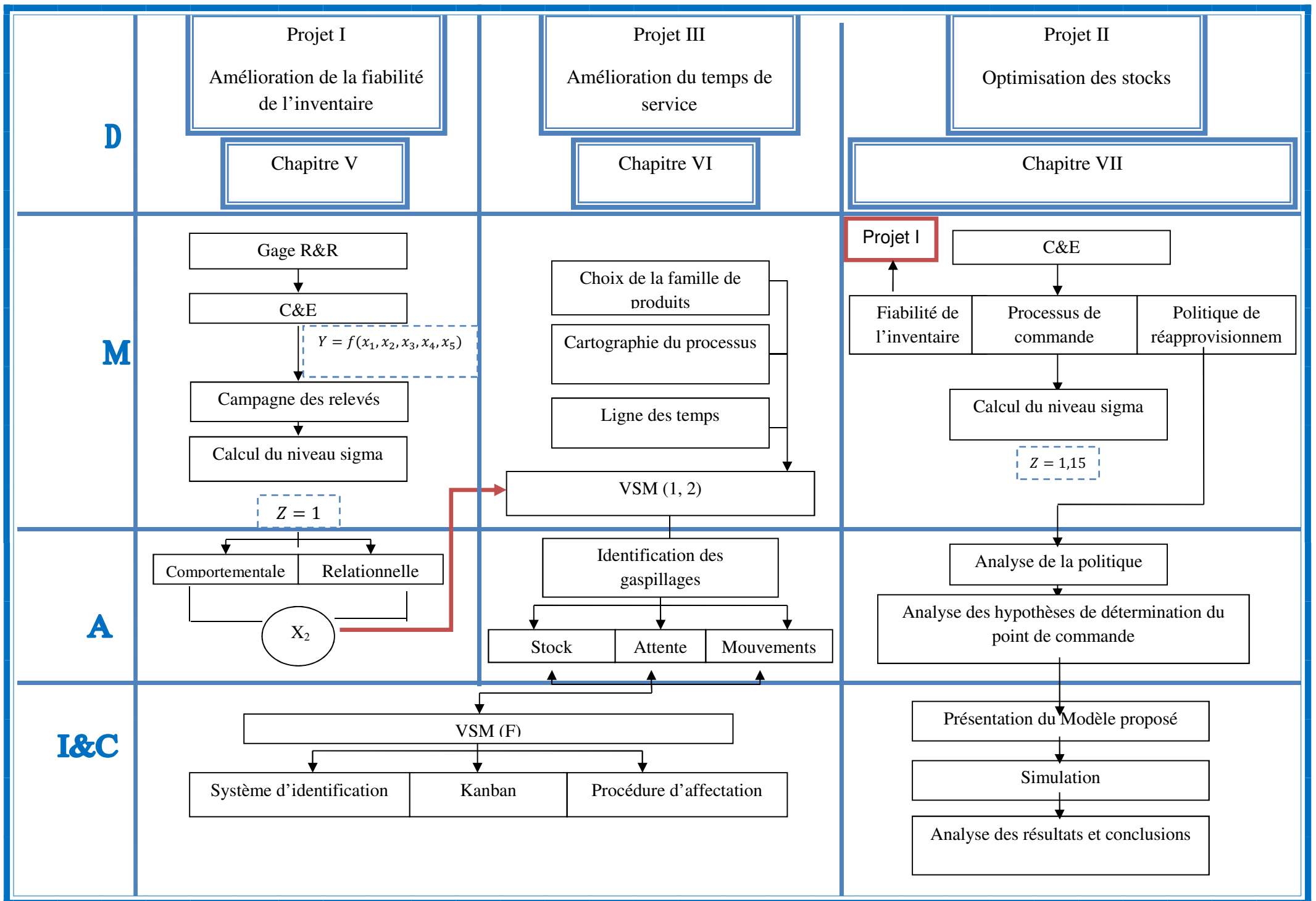
Pour faciliter la compréhension de la suite de notre travail, nous résumerons dans cette partie les démarches qui ont été suivies pour l'étude des trois projets. Nous joignons à ce résumé un schéma qu'on appellera Schéma directeur et qui facilitera le travail de synthèse qui est proposé ici.

Projet I

Pour mener l'étude de ce projet visant l'amélioration de la fiabilité de l'inventaire, toutes les étapes du déploiement de Lean Six Sigma décrites dans le Chapitre III seront suivies.

- ❖ **Mesurer**

- Gage R&R : Cette partie sera consacrée à l'étude du système de mesure qui est le processus d'inventaire dans le contexte de l'étude ;



- C&E : A ce niveau, une analyse des causes de l'inexactitude de l'inventaire sera menée. A la fin, cinq variables seront identifiées comme influentes sur la fiabilité de l'inventaire ;
- Campagnes des relevés : Après l'identification des variables, une campagne de relevés sera réalisée pour quantifier les différentes variables. Ces données seront utilisées lors de l'étape d'analyse ;
- Calcul du niveau sigma : En utilisant les données récoltées lors de la campagne, la performance du site en termes de fiabilité d'inventaire sera mesurée.

❖ **Analyser**

- Analyse comportementale : a pour objectifs principaux de vérifier la normalité des cinq variables pour lesquelles les données ont été récoltées lors de la campagne des relevés et de vérifier aussi l'absence de valeurs aberrantes dans ces données. Cette étape est une étape préliminaire à celle qui suit ;
- Analyse relationnelle : concerne l'étude des relations entre les variables exogènes déjà identifiées et la fiabilité de l'inventaire. Cette étude se fera d'abord au moyen de diagramme de dispersion et de la matrice des corrélations, ensuite au moyen de la régression multiple.

A la fin de cette analyse, il sera conclu que les solutions qui vont permettre d'agir sur la variable la plus influente sont celles qui seront apportées lors du Projet III.

Projet III

Ce projet ayant comme objectif d'améliorer le temps de service, son étude sera donc menée en utilisant le VSM dont les étapes du déroulement s'adaptent parfaitement à la démarche DMAIC. A cause de la proximité de ce projet avec le Projet I en termes de solutions, son étude sera abordée avant celle du Projet II.

- Dessin de l'état actuel : Le processus d'expédition sera cartographié et les différentes mesures seront estimées ;
- Analyse du VSM : Après l'analyse des cartographies réalisées, trois gaspillages seront identifiés : attente, mouvement inutiles et stock d'encours.
- Dessin de l'état futur : une nouvelle organisation du processus sera proposée en intégrant un projet de l'entreprise qui est dans la phase de lancement et les solutions proposées pour réduire ou éliminer les gaspillages : Kanban et optimisation de l'affectation des articles.

Projet II

Le dernier chapitre sera consacré à l'étude du projet ayant pour objectif l'optimisation des stocks en suivant toujours les étapes du LSS.

❖ Mesurer

- Analyse des causes : dans cette partie, différents facteurs seront identifiés comme causes d'excès des stocks et/ou rupture de stocks. A la fin de cette partie, la limitation à l'étude de l'influence de la politique de réapprovisionnement, et plus particulièrement des hypothèses soutenant la détermination de ses paramètres, sera justifiée ;
- Mesure du niveau sigma : en se basant sur les historiques de l'entreprise, la performance du site en termes de gestion des stocks sera mesurée.

❖ Analyse

A ce stade, une analyse de l'adaptation de la politique sera effectuée d'abord et ensuite celle des hypothèses concernant le point de commande dans le modèle actuel de l'entreprise ;

❖ Améliorer

Dans cette étape, un modèle de calcul du point de commande basé sur l'hypothèse que la demande durant le délai de livraison suit une loi log-normale sera présentée. Ensuite, la simulation sera utilisée pour comparer entre les deux modèles, et montrera la possibilité d'améliorer la gestion des stocks en améliorant le calcul de point de commande.

Conclusion

Dans ce chapitre, la démarche suivie pour réaliser l'étape de Définir ainsi que les résultats obtenus ont été présentés. Ceci a permis de sélectionner trois projets visant l'amélioration de quatre paramètres critiques de la qualité pour le client.

Enfin, un schéma directeur a été élaboré afin de synthétiser les démarches qui seront suivies pour l'étude de ces différents projets.

Chapitre V :
Amélioration de la fiabilité de
l'inventaire

Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons l'étude du Projet I portant sur l'amélioration de la fiabilité de l'inventaire, identifié dans l'étape de définition comme le projet prioritaire pour les clients de MM.

I. Etape de mesure

1. Analyse du système de mesure

Dans l'étape de définition, nous avons identifié les trois processus ayant une influence directe sur l'exactitude des données : les processus de réception, d'expédition et de l'inventaire tournant. Le dernier processus est différent des premiers dans la mesure où c'est un processus interne de contrôle. Son objectif est justement de mesurer et ensuite d'améliorer la fiabilité de l'inventaire alors que les deux premiers assurent la gestion des entrées et des sorties. Habituellement, les magasiniers comptent, sur une base quotidienne, une soixantaine d'articles, comparent les quantités réellement disponibles à celles affichées par le système et ajustent les quantités présentant des écarts après avoir effectué des investigations.

Ce processus ayant une influence sur la fiabilité de l'inventaire, il doit donc faire l'objet d'une analyse. Cette partie de l'étude visera à répondre à une seule question : *le processus de l'inventaire tournant qui, devrait normalement contribuer à l'amélioration de la fiabilité, n'est-il pas paradoxalement source d'erreurs et donc de dégradation de l'exactitude des données ?*

Pour répondre à cette question, ce processus sera assimilé à un processus de mesure qui a pour objectif principal de « mesurer » les quantités réellement disponibles dans l'entrepôt. Par ailleurs, contrairement aux 5 M dans les processus classiques de mesure, on ne retrouve dans le cas du processus d'inventaire tournant que 4 M (Méthode, Moyen, Milieu et Matière), étant donné que la Main d'œuvre se confond avec le Moyen de mesure.

Assimilé à un processus de mesure, le processus d'inventaire tournant sera jugé performant s'il ne contribue pas à la variabilité des quantités des articles qu'il compte. Autrement dit, le processus est performant s'il fournit toujours les quantités disponibles dans

l'entrepôt sans erreur. De plus, cette performance doit être indépendante des conditions, c'est-à-dire : du magasinier, de la taille et de la quantité de l'article à compter ainsi que du temps.

Pour mener cette étude, on fait appel au Gage R&R qui permettra de mesurer la performance du processus de l'inventaire tournant en termes de répétabilité et de reproductibilité.

1.1. Conduire l'étude Gage R&R

La notion de répétabilité qualifie la capacité à reproduire identiquement une action ou une série d'actions, ce qui correspond dans le cas de l'inventaire à la capacité à fournir des comptes identiques pour des articles identiques comptés à des périodes de temps différentes, à condition qu'il n'y ait aucune entrée ni sortie. Quant à la reproductibilité, elle correspond à la capacité de fournir, pour une même population, des résultats identiques dans des conditions différentes, ce qui correspond dans notre cas à obtenir des résultats identiques quand bien même le magasinier qui mène le compte n'est pas le même.

On exposera ci-dessous les étapes suivies pour mener le test du Gage R&R et l'analyse des résultats obtenus pour l'entrepôt objet d'étude.

❖ Procédure du test

1. Sélectionner, parmi les articles stockés, une vingtaine en respectant les critères suivants:
 - Les quantités disponibles doivent être diverses;
 - Ils doivent appartenir à des classes différentes (ABCD) avec une représentation proportionnelle à l'importance des classes;
 - Ils doivent appartenir aux stocks des différents clients approvisionnés par l'entrepôt avec une représentation proportionnelle à l'importance de stocks de chaque client.
2. Constituer quatre listes contenant l'échantillon choisi en prenant soin de mettre les articles dans un ordre aléatoire;
3. Distribuer, le premier jour, les deux premières listes à deux magasiniers pour qu'ils comptent les quantités disponibles ;
4. Après deux jours, distribuer les deux listes restantes aux mêmes deux magasiniers pour qu'ils réalisent la même opération ;
5. Recueillir les données et conduire le test Gage R&R.

Cette procédure permet de mesurer avec un faible risque d'erreur les performances du processus de l'inventaire tournant. Tout d'abord, l'échantillon est largement suffisant car l'objectif est de mesurer les performances du système de mesure et non de la fiabilité des données dans l'entrepôt. De plus, mener le compte sur deux périodes de temps et avec deux magasiniers permet de mesurer respectivement les deux sources de variabilité : la répétabilité et la reproductibilité.

Etant, nous aussi, appelés à faire des comptages lors de cette étape d'analyse, nous adopterons donc la procédure décrite ci-dessus pour évaluer notre aptitude à obtenir des comptes exacts. Nous allons exposer dans ce qui suit :

- L'analyse des résultats obtenus par les opérateurs pour évaluer la contribution du processus d'inventaire tournant dans la variabilité totale et de valider la mesure qui a été utilisée dans l'énoncé du problème dans la charte de projet ;
- L'analyse brève de nos comptes pour évaluer notre aptitude à faire le compte et donc l'exactitude des données sur lesquelles nous allons construire notre analyse et proposer des solutions.

1.2. Analyse des résultats obtenus par les opérateurs

Les données recueillies, ont été traitées par Minitab, le logiciel le plus utilisé pour les projets Lean Six Sigma. Ce dernier fournit les résultats du test sous format graphique et analytique. Le premier résultat à analyser est le graphique illustrant la contribution des différentes sources de variabilité dans la variabilité totale. Dans le graphe de la Figure V.1, on constate que la variabilité du système de mesure est négligeable devant la variabilité des articles comptés. On remarque aussi que, dans la variabilité du système de mesure, c'est la variabilité due à la répétabilité qui est plus importante que celle due à la reproductibilité.

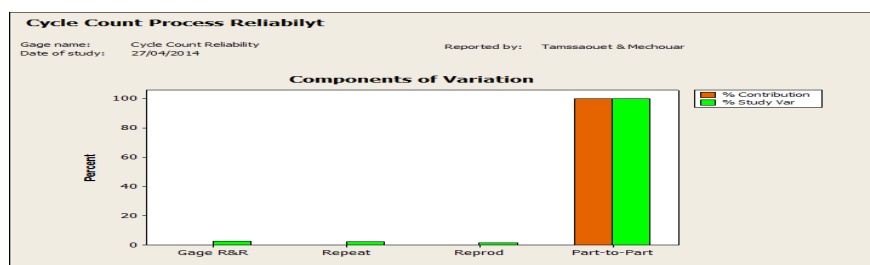


Figure V.1. Résultats graphiques du gage R&R pour les opérateurs de l'inventaire tournant

A partir du graphique, on peut affirmer que le processus de l'inventaire tournant est performant et ne contribue que très faiblement aux écarts d'inventaire. Cependant, pour confirmer cette conclusion, il faudra se référer aux résultats analytiques qui sont plus précis.

Pour juger de la performance du système de mesure on peut utiliser l'un des résultats encadrés (Figure V.2.) en le comparant aux standards utilisés dans l'industrie.

Gage R&R Study - XBar/R Method			
Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)	
Total Gage R&R	0,72	0,07	
Repeatability	0,51	0,05	
Reproducibility	0,21	0,02	
Part-To-Part	1054,41	99,93	
Total Variation	1055,12	100,00	
Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0,8473	5,084	2,61
Repeatability	0,7160	4,296	2,20
Reproducibility	0,4530	2,718	1,39
Part-To-Part	32,4716	194,830	99,97
Total Variation	32,4827	194,896	100,00
Number of Distinct Categories = 54			

Figure V.2. Résultats analytiques du gage R&R pour les opérateurs de l'inventaire tournant

Dans le premier encadré, on voit que le *Total Gage R&R* est de 0,07%, ce qui permet d'affirmer que le système de mesure est acceptable vu qu'il est inférieur à 1%. Le deuxième encadré permet de tirer la même conclusion car la contribution du système de mesure à la variabilité totale est égale à 2,61%, et donc inférieure aux 10% fixés par les standards. Toujours à partir de ces résultats analytiques, on peut confirmer que la variabilité due à la répétabilité est la composante dominante dans la variabilité du système de mesure.

Par ailleurs, si on rapporte les résultats du test au contexte du projet, on peut juger la performance du processus de l'inventaire tournant comme non satisfaisante. En effet, avec une contribution de 2,61% à la variabilité totale, ce processus ne peut pas actuellement améliorer la fiabilité de l'inventaire au-delà de 97,39%, ce qui est en-dessous de la limite inférieure fixée par le présent projet à 98%.

La performance du processus de l'inventaire tournant ayant été jugée, l'analyse peut être poussée pour rechercher les causes de la variabilité et proposer des solutions simples pour la réduire. Cette analyse peut être initiée avec les cartes de contrôle de \bar{X} et de R. Dans la carte de contrôle de \bar{X} , on peut voir que les graphiques des deux magasiniers (Figure V.3.) suivent le même schéma, ce qui confirme une fois de plus que la reproductibilité ne contribue que très faiblement à la variabilité du système de mesure.

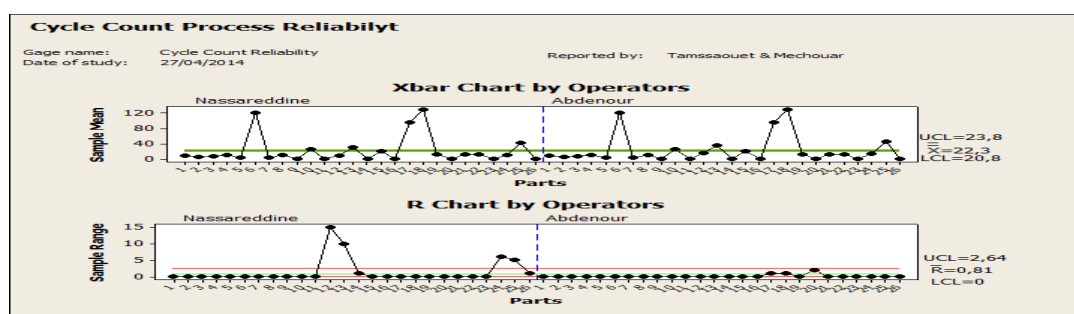


Figure V.3. Cartes de contrôle \bar{X} et R par opérateur

Quant à la carte de contrôle relative à l'étendue, elle permet de visualiser la variabilité due à la répétabilité pour les deux magasiniers. On remarque que c'est le magasinier à gauche qui a donné, pour 4 articles, des comptes dont les écarts sortent des limites de contrôles.

Au-delà de la recommandation de sensibiliser les magasiniers quant à l'importance de l'inventaire afin qu'ils prêtent plus d'attention et plus de concentration lors de la réalisation de cette tâche, l'on peut se demander pourquoi c'est uniquement pour les articles 12,13, 24 et 25 que les comptes sont différents comme le montre la Figure V.4.

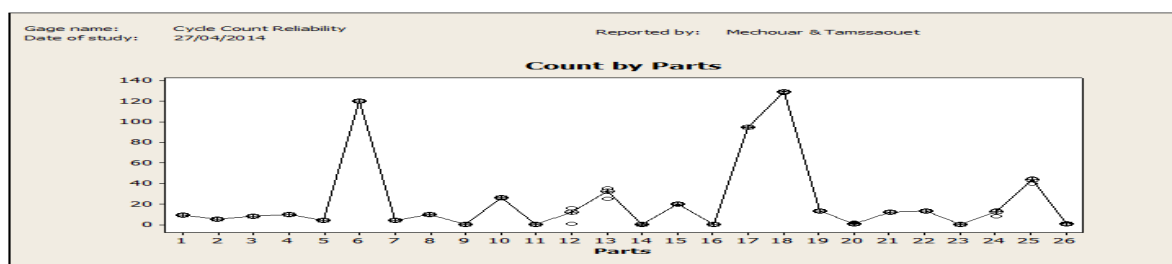


Figure V.4. Résultats du comptage par articles

Après une investigation, de simples solutions peuvent être déduites à partir des causes suivantes expliquant les écarts dans les comptes :

- Des articles se trouvent en quantités différentes dans des contenants qui se ressemblent. Ceci induit le magasinier en erreur dans le cas où il ne prend pas le temps de lire les quantités affichées sur les emballages et se contente uniquement de compter visuellement, sans toucher des mains ;
- Des articles identiques se trouvant dans plusieurs bacs à cause de l'inadéquation entre la capacité du bac et la quantité disponible ;
- Des articles qui se ressemblent et qui se trouvent côte à côte alors qu'ils devraient être dans des bacs distincts.

1.3. Analyse de notre comptage

La même analyse que celle présentée dans la première partie a été menée sur les résultats des comptages que nous avons effectués. Les résultats graphiques (Figure V.5.) montrent que la contribution de la variabilité due à la répétabilité et la reproductibilité sont négligeables devant la variabilité globale. Les résultats analytiques confirment cette observation car le pourcentage de la variation de la répétabilité et de reproductibilité est inférieur à 1%. Ces résultats nous permettent donc d'effectuer des comptages.

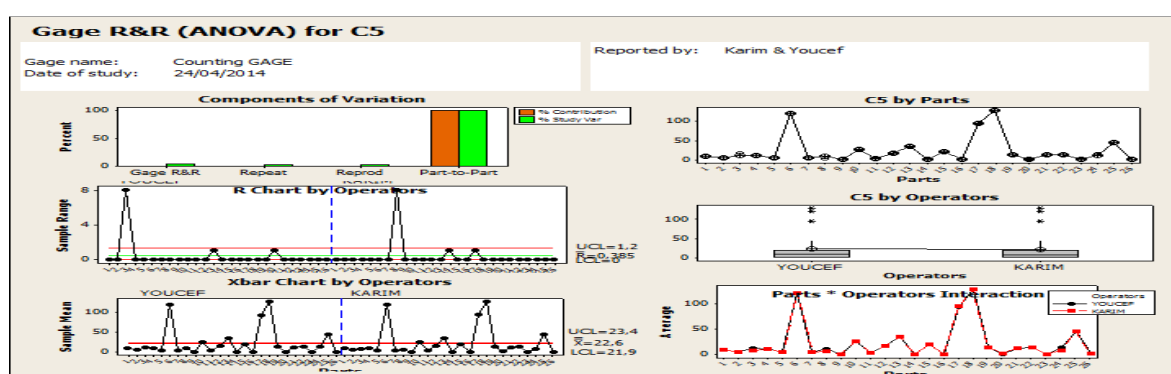


Figure V.5. Résultats de notre Gage R&R

2. Mesurer les processus

Après s'être assurés de la fiabilité de notre système de mesure, la seconde phase de l'étape « Mesurer », consiste à réunir des informations sur le processus qui soient mesurables. Ceci permettra de mesurer, à la fin de cette étape, le niveau sigma du site relatif à la fiabilité de l'inventaire et de disposer de toutes les données nécessaires pour l'étape d'analyse.

2.1. Analyse des causes

L'objectif de l'étape de mesure étant de fournir les données sur les processus, il est nécessaire définir au préalable ce qu'il faut mesurer avant de recueillir les données. C'est l'objet de cette phase d'analyse des causes. Dans le Projet I, nous avons déjà défini la fiabilité de l'inventaire comme étant la sortie principalement des processus de réception et d'expédition. Cette variable importante pour le client sera appelé Y et fera donc l'objet d'une collecte de données. Cependant, l'analyse ne peut s'effectuer uniquement avec cette variable de sortie, il faudra aussi des variables d'entrée.

La définition de ces variables d'entrée, appelées X, est l'objet de cette phase d'analyse des causes qui doit être la plus exhaustive possible pour pouvoir dégager toutes les sources potentielles de dispersion. Elle doit donc répondre à la question : Quelles sont les causes de la variabilité sur le processus source de non-satisfaction des clients ?

La première étape consiste à déterminer les causes directes des écarts d'inventaire. L'écart d'inventaire étant défini comme un écart entre les quantités réelles et les quantités affichées par le système, on peut en déduire que la cause principale est la non synchronisation entre les opérations physiques et les opérations informatiques, comme par exemple livrer le client sans soustraire du système la quantité livrée ou faire une réception sans établir un bon de réception. En plus de cette cause principale, il y a les erreurs de saisies et les mauvais placements des articles. Ces deux causes jugées comme secondaires et rares, nous avons restreint notre étude à la première cause.

Celle-ci étant une cause directe il ne serait pas judicieux de proposer une solution, si elle existait, uniquement sur cette base. Il était donc nécessaire d'approfondir l'analyse et de chercher des réponses à la question : « Pourquoi les magasiniers ne renseignent-ils pas le WMS à temps ? ». La réponse à cette question nous a permis de définir trois types de causes racines à savoir : la charge de travail au niveau de la réception et de l'expédition, le format papier des transactions au niveau de l'expédition qui alourdit le travail et enfin les opérateurs au niveau de la réception et de l'expédition. Nous avons ainsi défini les variables présentées dans le Tableau V.1 représentant le plan de collecte de données.

Tableau V.1. Plan de collecte de données

Plan de collecte des données				
Measure	Type	Définition	Note sur l'échantillonnage	Qui / Quand
Y	Continue	Nombre d'article sans écart/Nombre total d'articles comptés	La taille de l'échantillon dépend de l'activité	Youcef & Karim/A la fin de chaque journée durant la période d'échantillonnage
X1	Continue	Charge dans la Réception= Nombre de lignes reçues/Nombre d'heures disponible		Youcef & Karim/A la fin de chaque journée durant la période d'échantillonnage
X2	Continue	Charge dans l'Expédition= Nombre de lignes expédiées/Nombre d'heures disponible		Youcef & Karim/A la fin de chaque journée durant la période d'échantillonnage
X3	Continue	Nombre de Lignes commandées par support papier/Nombre total de lignes traitées		Youcef & Karim/A la fin de chaque journée durant la période d'échantillonnage
X4	Attribut	Opérateur(s) dans la Réception		Youcef & Karim/A la fin de chaque journée durant la période d'échantillonnage
X5	Attribut	Opérateur(s) dans l'Expédition		Youcef & Karim/A la fin de chaque journée durant la période d'échantillonnage

2.2.Mise en œuvre d'une campagne de relevés

Une fois les causes potentielles définies, des informations mesurables sur chacune d'elle, en plus de la variable de sortie, étaient nécessaires. Ces données n'étant pas disponibles, nous avons mis en œuvre une campagne de relevés pour collecter les mesures relatives à ces variables en vue d'apporter la preuve statistique de leur impact sur la variable de sortie Y.

Afin que notre échantillon soit suffisamment représentatif pour pouvoir tirer des conclusions pertinentes, nous avons planifié cette campagne sur une période de 30 jours allant de 23/04/2014 au 23/05/2014. Cependant, notre échantillonnage s'est arrêté aux 20 premiers jours suite à un mouvement social qui a gelé les activités.

❖ Procédure de collecte des données

Nous avons, chaque jour, suivi la procédure ci-après :

- Recenser tous les articles qui ont été reçus et/ou expédiés ;
- Compter les quantités disponibles des articles dans leurs emplacements ;
- Extraire du système d'information les quantités enregistrées pour les articles en question ;
- Comparer les quantités réellement disponibles et les quantités affichées par le système et qualifier tout article présentant un écart d'inventaire comme « produit défectueux » ;
- Calculer les valeurs des variable Y, X_1 , X_2 , X_3 ;
- Déterminer X_4 , X_5 .

En supposant ces relevés représentatifs, ils constitueront donc l'échantillon (voir Annexe V.1) qui nous permettra d'analyser le comportement du système et de déterminer sa performance à travers le calcul du niveau sigma.

3. Calcul du niveau Sigma

Après avoir effectué la campagne de relevés, on dispose à présent de données pour mesurer la performance actuelle du processus d'entrées et de sorties. Comme déjà évoqué dans le chapitre III, le calcul du niveau sigma du processus revient à calculer le nombre Z, qui lui à son tour dépend essentiellement du type de mesures effectuées. Ainsi, dans notre cas, les mesures correspondent au cas des critères non mesurable de type articles défectueux, puisqu'on compte

chaque jour les quantités disponibles pour chaque article ayant fait l'objet d'une réception ou d'une expédition et on les compare aux quantités affichées dans le système. Par la suite, les articles sont classés en deux groupes : défectueux si la quantité trouvée ne correspond pas au système, non défectueux si elle correspond. Par conséquent, l'approche retenue pour le calcul de Z est l'approche DPU (défaut par unité) en utilisant la loi binomiale.

Les données qui seront utilisées pour le calcul de Z, sont celles obtenues lors de la campagne des relevés. Ainsi, la collecte de chaque jour permet d'obtenir un sous-groupe d'articles de taille variable suivant l'activité du jour et qui répond à l'exigence de similitude des produits c'est-à-dire à la nécessité de les collecter dans les mêmes conditions: personnel et équipement.

Avant de mener l'analyse, nous émettons l'hypothèse que le nombre de produits défectueux, qui dans le cas présent, correspond au nombre d'articles présentant un écart d'inventaire, suit une loi Binomiale de paramètre (n, p) :

- n est le nombre d'épreuves de Bernoulli, où l'épreuve correspond à l'expérience de comparer les quantités disponibles et les quantités affichées par le système des n articles reçus ou expédiés dans la journée ;
- Un succès correspond à un article présentant un écart et un échec correspond au cas contraire ;
- p la probabilité d'un succès.

Après l'établissement de cette hypothèse, l'analyse de résultats commence par l'étude de la stabilité du processus. L'objectif de l'étude est de mesurer la capacité du processus qui peut ensuite être utilisée pour faire des prévisions. Lorsqu'on utilise les données issues du processus actuel pour prédire les performances futures, il faut que ce processus soit stable et sous contrôle. Si tel n'est pas le cas, il ne sera pas possible de prédire avec exactitude les performances futures.

Pour mener cette étude, nous avons recours aux cartes de contrôle et plus spécialement à la carte P - adaptée à l'étude de la stabilité des processus- par l'évaluation de la proportion des produits défectueux. Les données collectées vont donc être utilisées pour construire la carte de contrôle présentée dans la Figure V.6.

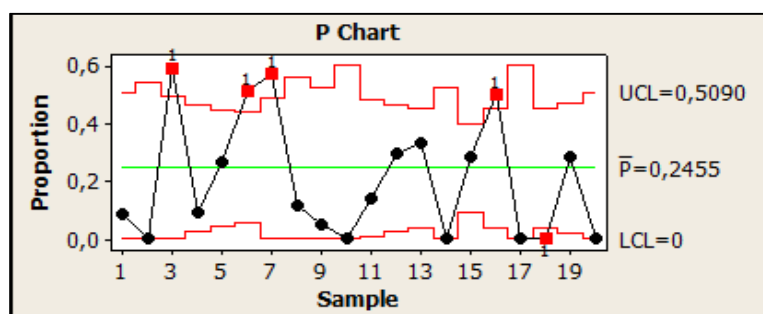


Figure V.6. Première carte de contrôle P

On constate qu'il y a plusieurs points qui sont en dehors des limites de contrôle qui, dans le cas présent, ne sont pas constantes à cause de la taille variable des échantillons. Il faudra donc faire des investigations sur les points qui sont en dehors des limites de contrôle. Les causes étant mises en évidence, on éliminera ces points de l'échantillon et on vérifiera une autre fois la stabilité du processus (Figure V.7.).

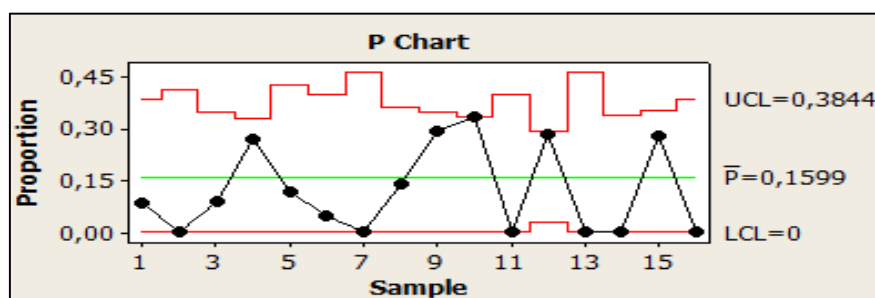


Figure V.7. Deuxième carte de contrôle P

En acceptant que les données restantes soient issues d'un processus stable, elles seront utilisées pour calculer le niveau de performance des processus de gestion des entrées et sorties de l'entrepôt en fixant à 0,05 la spécification supérieure de la proportion des articles présentant un écart d'inventaire. Les résultats sont présentés dans le Tableau IV.2.

Tableau V.2. Calcul de Z avec un intervalle de confiance

Intervalle de confiance	% Défectueux	DPMO	Z
Limite Inférieure	12,8	127909	0,85
Moyenne	16	159915	1
Limite Supérieure	19,6	196280	1,14

L'analyse des résultats obtenus nous permet de conclure que le site a des performances très faibles en matière d'exactitude de l'inventaire. Avec un niveau sigma égal à 1, le site se situe au bas de l'échelle de la qualité, loin de six sigma visé par les projets LSS. Ce faible niveau sigma se traduit par un nombre important de produits défectueux qui sont, dans le cas présent, des articles présentant un écart d'inventaire. Cette conclusion peut être vérifiée à travers deux autres mesures que fournit l'analyse des données : % Défectueux et DPMO. Les processus de gestion des entrées et sorties produisent en moyenne 16% de produits défectueux soit 159915 produits défectueux par Million d'opportunités. Ce nombre important de produits défectueux qui rappelons-le, sont ceux présentant un écart d'inventaire, justifie largement l'insatisfaction des clients et la nécessité de mener un projet d'amélioration de l'exactitude de l'inventaire.

II. Etape d'analyse

Cette étape, jouant le rôle d'entonnoir, permet dans le cadre des projets LSS, de ne garder que quelques X, responsables d'une grande partie de variabilité, pour apporter une amélioration au processus. Vu que le reste du projet LSS ainsi que les projets de mise en œuvre des solutions dépendent fortement de cette sélection, cette étape doit être conduite de manière rigoureuse en utilisant les outils statistiques. Pour cela, nous procéderons d'abord à une analyse du comportement des différentes variables identifiées et mesurées dans l'étape de mesure puis, à une analyse des relations entre ces différentes variables.

1. Analyse du comportement de Y et des X

Lors de la phase « Mesurer », nous avons lancé une campagne de relevés de données et nous disposons de tableaux d'observation sur une période de 20 jours pour le Y et pour les cinq X (voir Annexe V.1). Etape préliminaire à celle de l'analyse des relations, l'analyse des comportements a principalement comme objectifs de :

- Vérifier que l'échantillon ne contient pas des valeurs aberrantes auxquelles les outils statistiques comme le calcul des coefficients de corrélation sont très sensibles, ce qui risque de fausser les analyses ;
- Vérifier que les hypothèses, sur lesquelles sont construits les différents outils statistiques comme la régression, sont valides.

Dans cette partie, nous nous contenterons de donner et d'interpréter les résultats qui ont été obtenus pour la variable de sortie qui est la fiabilité de l'inventaire Y. Les résultats des variables d'entrées X_1 , X_2 , X_3 sont présentés dans l'Annexe V.2. et tout ce qui sera fait pour Y s'appliquera pour ces variables.

❖ Analyse du comportement de Y

Tous les résultats concernant : la représentation graphique par l'histogramme et la boîte à moustache, l'identification de la distribution, le test de normalité et l'estimation des différents paramètres de la distribution de la variable sont présentés dans la Figure V.8.

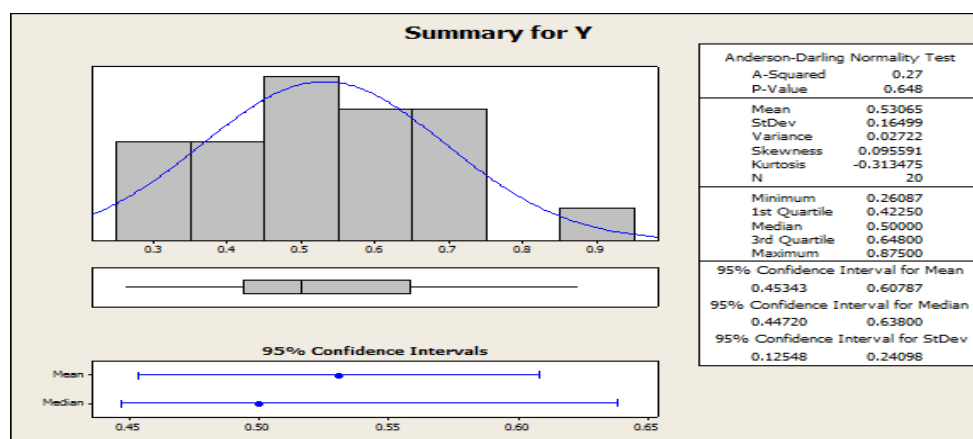


Figure V.8. Résumé de l'analyse comportementale de la variable Y

- Dans le graphique de la boîte à moustache on n'observe pas d'astérisques (*) qui représentent les points se situant en dehors des limites hautes et basses définies empiriquement. De là, on peut affirmer, avec un faible risque d'erreur, que l'échantillon de Y ne contient pas de valeur aberrantes.
- Le deuxième résultat important donnée par la figure est celui du test de normalité. En utilisant le test d'Anderson-Darling, considéré comme le test de normalité le plus sévère, la p-value obtenue est égale à 0,648. Cette valeur supérieure à 0,05, atteste que la distribution de la fiabilité de l'inventaire est normale.
- La distribution de Y étant une loi normale, la figure IV.8. donne les deux paramètres de position, à savoir la moyenne et la médiane, et deux paramètres de dispersion, à savoir l'écart type et la variance. La figure donne aussi pour ces paramètres les intervalles de confiance.

Si on garde à l'esprit qu'Y est la fiabilité de l'inventaire, on peut conclure que sa loi est à la fois décentrée et fortement dispersée. Avec une limite inférieure que l'entreprise fixe à 95%, la fiabilité de l'inventaire au niveau du site objet de l'étude est non satisfaisante avec une moyenne égale à 53%. Pour la dispersion dont la lecture est facilitée par la boîte à moustache (Voir Annexe V.3.), on constate que : 25% des éléments sont inférieurs à 42% de fiabilité, 50% des éléments inférieurs à 50% et 75% des éléments inférieurs à 65%. Ces résultats confirment la nécessité de continuer le Projet I ainsi que son caractère prioritaire.

2. Analyse des relations

L'étude du comportement a consisté à examiner les X et les Y de façon indépendante. Il s'agit à présent de rechercher les X qui expliquent la variabilité des Y. À la fin de cette étape, nous devons avoir identifié de façon claire les quelques variables sur lesquelles il sera nécessaire d'agir afin d'ajuster le paramètre de sortie Y sur la valeur désirée et de réduire sa variabilité. Pour ce faire, cette analyse comportera deux parties : la première englobera la visualisation des relations et le calcul du coefficient de corrélation et la deuxième concernera la régression multiple.

❖ 1^{ère} Partie

Les données récoltées dans l'étape de Mesure seront utilisées dans cette partie pour visualiser les relations entre les variables au moyen de diagrammes de dispersion. Nous commencerons la visualisation des relations entre la sortie et les variables continues X_1 , X_2 et X_3 , représentant respectivement : la charge au niveau de la réception, la charge au niveau d'expédition et le pourcentage de lignes commandées par support papier. Les diagrammes de ces trois relations sont présentés dans les Figures V.9.a, b et c.

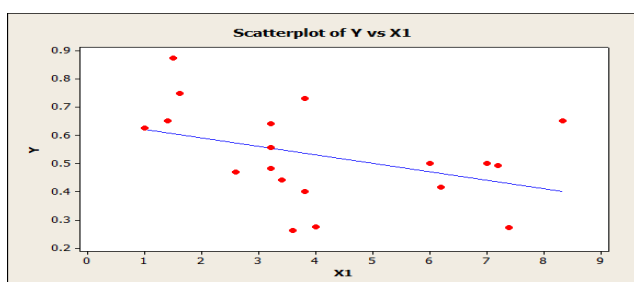


Figure V.9.a. Diagramme de dispersion entre les variables Y et X1

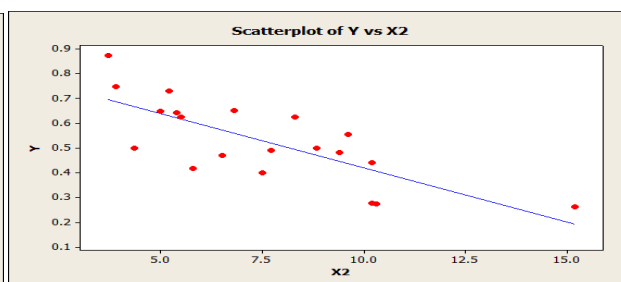


Figure V.9.b. Diagramme de dispersion entre les variables Y et X2

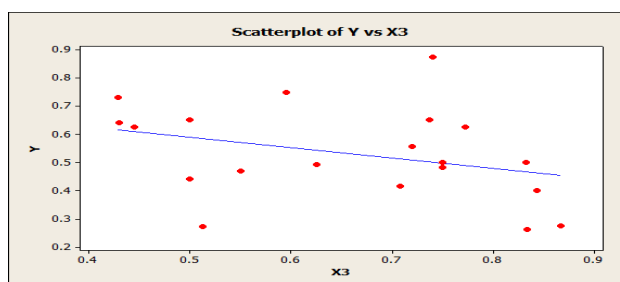


Figure V.9.c. Diagramme de dispersion entre les variables Y et X3

A partir de la forme des nuages et des droites de régressions sur les trois diagrammes, on peut déduire que :

- Les trois variables dégradent la fiabilité de l'inventaire vu que les trois diagrammes présentent des tendances négatives, c'est-à-dire que les nuages forment un motif en pente vers le bas de gauche à droite. Néanmoins, les degrés d'inclinaison des différentes droites de régressions sont différents. selon, la pente, on peut classer les variables d'entrée selon cet ordre : X_2 , X_1 et X_3 .
- La tendance étant insuffisante pour caractériser la relation entre deux variables, il faudra aussi caractériser l'intensité de la relation. Comme la tendance, on remarque que les trois relations présentent des intensités différentes, l'intensité dans le diagramme de dispersion étant définie comme le regroupement du nuage des points autour de la droite de régression. On peut classer les variables d'entrée selon le même ordre que la tendance, c'est-à-dire : X_2 , X_1 et X_3 .
- Des deux premiers points, on peut conclure qu'il y a : une relation forte et négative entre la charge de travail au niveau de l'expédition et la fiabilité d'inventaire, une relation moyenne et négative entre la charge de travail au niveau de la réception et la variable de

sortie et une relation faible et négative entre le pourcentage de lignes commandées par support papier et la variable de sortie.

Ces conclusions tirées à partir de la visualisation graphique peuvent être confirmées ou infirmées par le calcul des coefficients de corrélation entre les différentes variables (Hemant, 2011). Le Tableau V.3 donne la matrice des corrélations entre les différentes variables. La première colonne, indique les coefficients de corrélation entre la variable de sortie et les différentes variables d'entrée. Les résultats obtenus confirment les conclusions issues de l'outil graphique car : tous les coefficients sont négatifs et l'ordre de leur valeur confirme l'ordre qui a été donné par les diagrammes de dispersion. A partir toujours de cette matrice de corrélations, on peut conclure qu'il y a une faible corrélation entre les différentes variables d'entrées ce qui vérifie l'une des hypothèses de la régression qui stipule l'absence de corrélation entre les variables exogènes.

Tableau V.3. Matrice des corrélations

	Y	X1	X2
X1	-0.416		
X2	-0.757	0.100	
X3	-0.335	-0.041	0.340

Comme le calcul du coefficient de corrélation ne suffit pas pour démontrer la causalité entre la variable de sortie et les trois variables continues, nous ferons appel dans la deuxième partie à la régression linéaire multiple. Mais avant, il faudra étudier les relations qui existent entre les deux dernières variables qualitatives et la variable de sortie, d'autant qu'elles ne seront pas étudiées dans la régression.

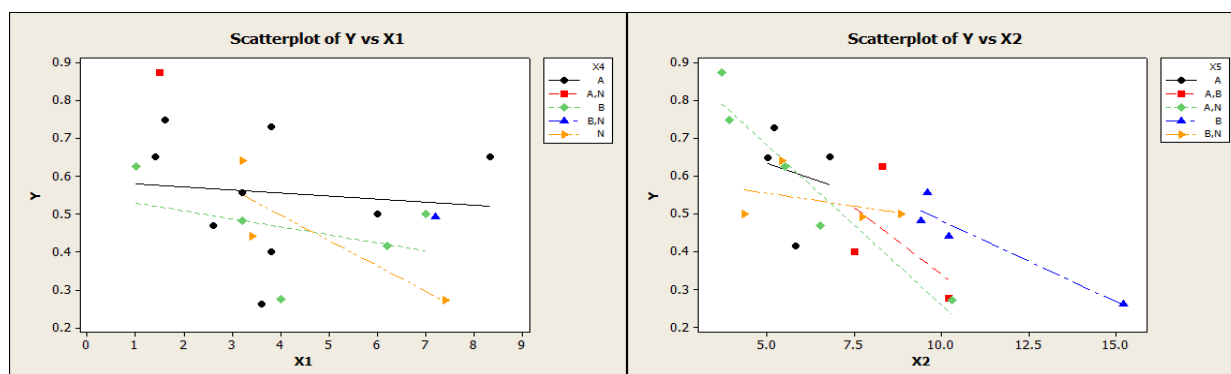


Figure V.10.a. Diagramme de dispersion entre les variables Y, X1 et X4

Figure V.10.b. Diagramme de dispersion entre les variables Y, X2 et X5

Pour étudier l'influence des deux variables qualitatives X_4 et X_5 , représentant respectivement le(s) magasinier(s) à la réception et le(s) magasinier(s) à l'expédition, le diagramme de dispersion avec groupes est utilisé. Il permet de voir l'influence de la charge de travail selon les différentes combinaisons des magasiniers. Les diagrammes obtenus sont présentés dans les Figures V.10.a et b.

Avant de tirer des conclusions, Il faut souligner la nécessité de relativiser toute interprétation qui sera faite à partir de ce graphique et qu'il faudra continuer l'échantillonnage pour confirmer ou infirmer ce qui sera avancé ici. Avec un échantillon de 20 valeurs, il ne serait pas judicieux de tirer des conclusions définitives sur les cinq combinaisons d'opérateurs, soit en moyenne quatre points pour chaque combinaison. Dans cet esprit, on peut observer dans les diagrammes que l'influence de la charge de travail au niveau de la réception et de l'expédition sur la fiabilité de l'inventaire dépend des magasiniers qui travaillent au niveau de ces processus. On peut constater par exemple que :

- L'opérateur qu'on appellera A est celui qui, lorsqu'il travaille seul, est le moins sensible à la charge de travail et assure l'obtention des plus grands niveaux de fiabilité d'inventaire, qui restent néanmoins insuffisants.
- L'opérateur appelé N est l'opérateur qui est le plus sensible à la charge de travail. Cet opérateur obtient une fiabilité proche de celle de A lorsque la charge est faible, mais cette fiabilité se dégrade rapidement si la charge augmente.

- L'opérateur B est moins sensible à la charge que l'opérateur N mais les niveaux de fiabilité sont les plus faibles quand il exécute l'un des processus, même lorsque la charge de travail est faible.

A partir de ces observations, nous pouvons formuler les recommandations suivantes :

- La nécessité de sensibiliser les magasiniers à l'importance de la fiabilité de l'inventaire;
- Vu que l'opérateur B, et d'une façon moins importante, l'opérateur N n'ont probablement pas une bonne maîtrise de WMS et de l'outil informatique, il conviendra de leur organiser des formations dans la manipulation de l'outil informatique et de WMS.

❖ 2^{ème} Partie

Après que les relations entre les variables d'entrées et la variable de sortie ont été vérifiées à l'aide des diagrammes de dispersion et des coefficients de corrélation, il s'agira dans cette partie, d'explorer ces relations à l'aide de la régression linéaire multiple (Johnston, 1997). Utilisée aussi pour trouver la meilleure équation linéaire de prévision, la méthode de régression sera utilisée dans notre étude pour estimer la contribution relative des trois variables explicatives sur la variation de la fiabilité de l'inventaire et déceler l'effet complémentaire ou, au contraire, antagoniste entre diverses variables explicatives.

En utilisant le logiciel Minitab, le modèle de régression reliant les trois variables exogènes à la variable endogène, est estimé sur la base de l'échantillon recueilli durant l'étape de mesure. Les résultats de cette estimation sont présentés dans la Figure V.11.

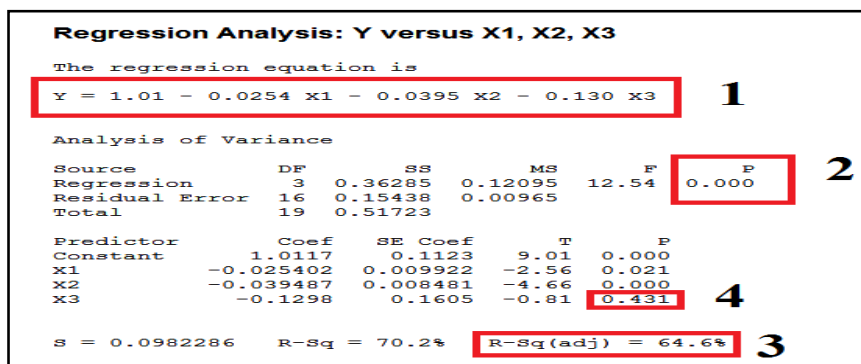


Figure V.11. Première estimation du modèle de régression sur Minitab

Dans l'encadré 2, la p-value du test de Fischer est inférieure à 0,05 ce qui veut dire que le modèle de régression est significatif dans sa globalité. Cependant, au vu des résultats des tests de Student, on conclut que la variable X_3 n'est pas significative car l'hypothèse nulle est acceptée puisque la p-value est supérieure à 0,05. Il a fallu donc réitérer l'estimation en n'intégrant que les deux premières variables représentant la charge de travail dans la réception et l'expédition. Les résultats analytiques de cette deuxième opération sont présentés dans la Figure V.12.

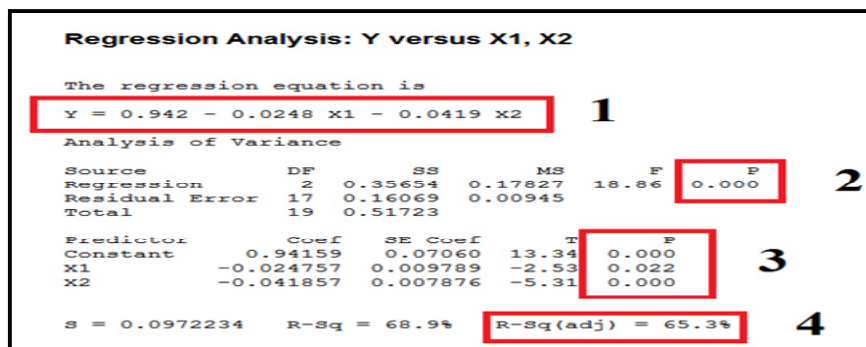


Figure V.12. Deuxième estimation du modèle de régression sur Minitab

Les résultats montrent que le modèle est significatif dans sa globalité et que les variables retenues sont aussi significatives selon le test de Student. A partir du coefficient de détermination, on peut conclure que le modèle de régression est fiable à environ 65%. Mais avant de tirer des conclusions à partir de ce modèle, il était nécessaire de vérifier la validité des hypothèses sur lesquelles est construite la régression, à savoir : la normalité des erreurs, l'absence d'autocorrélation et l'homoscédasticité (Gujarati, 2004). Les résultats de cette étude sont présentés dans l'Annexe IV.4. Toutes les hypothèses ont été vérifiées mise à part celle concernant l'homoscédasticité ; la régression linéaire généralisée GLS (Boukabous, 2013) a donc été utilisée à cause de l'hétéroscédasticité (voir Figure V.13.), et le modèle obtenu est identique à celui de la régression linéaire multiple.

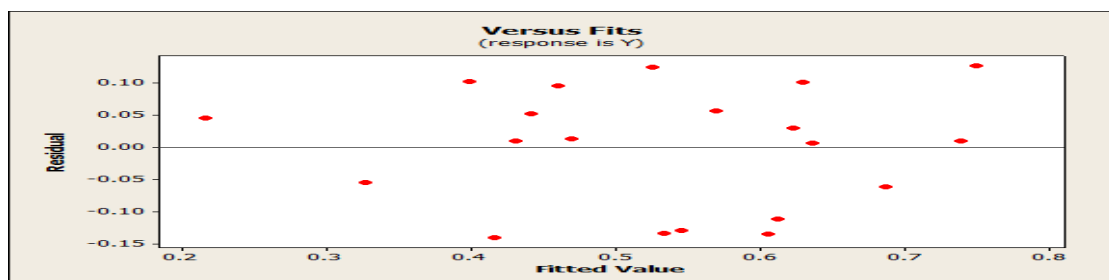


Figure V.13. Graphe du test d'homoscédasticité (Dispersion des points)

▪ **Analyse des résultats**

Le modèle de régression obtenu se limite uniquement aux variables concernant la charge de travail à la réception et à l'expédition. Par ailleurs, même si la troisième variable n'est pas significative du fait que le coefficient de corrélation et que la pente de la droite de régression dans le diagramme de dispersion soient faibles, cela ne signifie pas que le pourcentage des articles commandés par support papier n'influence pas la fiabilité de l'inventaire. La seule conclusion qu'on peut avancer est que, au vu de notre échantillon, la variable X_3 n'explique pas la variable de sortie.

Cependant, en considérant la valeur du coefficient de détermination $\overline{R^2}$, on peut qualifier la fiabilité du modèle de moyenne. Cette fiabilité était prévisible car le modèle n'intègre pas toutes les variables explicatives comme celles, qualitatives, concernant les magasiniers qui travaillent au niveau des deux processus de réception et d'expédition et, pour lesquelles, les diagrammes de dispersion laissent entrevoir une certaine influence sur la variable de sortie. En plus de ces variables retenues dans l'étude, nous avons signalé dans la phase d'analyse des causes qu'il existait d'autres causes telles les erreurs de saisie ou les erreurs d'affectation, considérées comme ayant une faible influence comparativement aux variables retenues. Par ailleurs, avec uniquement deux variables, nous considérons le modèle suffisamment fiable pour continuer l'étude et que ces deux variables sont les plus influentes sur la fiabilité de l'inventaire.

$$Y = 0.942 - 0.0248 X_1 - 0.0419 X_2$$

L'objectif tracé pour la régression étant d'estimer la contribution relative des variables explicatives sur la variation de la fiabilité et de déceler l'effet complémentaire ou antagoniste entre elles, l'analyse du modèle nous permet de remarquer que :

- Les coefficients de régression qui sont négatifs confirment la conclusion déjà énoncée dans la première partie, à savoir que la charge de travail a une influence négative sur la fiabilité de l'inventaire ;
- A partir des valeurs des coefficients, on confirme la conclusion de la première partie d'analyse, c'est à dire que la relation entre la charge de travail au niveau de l'expédition et la fiabilité de l'inventaire est la plus forte. En plus de cette confirmation, le modèle nous permet de quantifier cette influence. On peut lire, par exemple, que si la charge augmente d'une unité, c'est-à-dire dans le cas où il y a un magasinier au niveau de

l'expédition et qu'il y a une augmentation de 5 lignes de commande, la fiabilité de l'inventaire sera dégradée de 4%. Dans le cas où il y a 2 magasiniers, et sachant que le temps disponible pour chacun est de 5 heures, une augmentation de 10 lignes de commande dans l'expédition, réduira aussi la fiabilité de l'inventaire de 4%. Quant au processus de réception, une augmentation d'une unité dans la charge de travail réduira la fiabilité de l'inventaire d'environ 2,5%.

Le modèle de régression obtenu permet ainsi de prioriser les projets d'amélioration en priorisant les variables explicatives selon leur influence sur la variable expliquée. Dans notre cas, le modèle recommande de commencer par la charge de travail au niveau de l'expédition, puis de la réception. Dans la présente étude, nous nous limiterons à la variable dont l'amélioration aura le plus d'impact sur la fiabilité de l'inventaire et, nous verrons comment quelques solutions apportées pour la variable X_2 engendrent aussi une amélioration de la variable X_1 .

A présent que la charge de travail dans l'expédition est considérée comme le levier d'amélioration de la fiabilité de l'inventaire, il convient de se poser la question du comment. Ainsi, en revoyant le modèle et la définition de la charge de travail, nous avons identifié deux façons d'améliorer la fiabilité en agissant sur cette variable exogène :

- **Réduire la charge de travail journalière:** pour réduire cette charge de travail, deux cas de figure sont possibles :
 - Augmenter le nombre d'heures disponibles en augmentant le nombre de magasiniers travaillant dans ce processus ;
 - Réduire le nombre de lignes commandées.
- **Réduire l'influence de la charge de travail sur la fiabilité de l'inventaire :** Cette influence étant représentée dans le modèle par le coefficient de régression, la réduction de l'influence revient à la minimisation de ce coefficient. Si on considère la nécessité que l'équation de régression soit homogène, que la fiabilité de l'inventaire soit sans unité et que la charge de travail soit en lignes par heures, l'unité de ce coefficient devra être heure par ligne. Mais si nous considérons ce coefficient comme une constante représentant une caractéristique du système et du processus se confrontant à la charge de travail et que l'unité de la vitesse de traitement du processus est (ligne/heure), nous supposons que ce

coefficient est l'inverse de la vitesse de traitement du processus d'expédition. Ainsi, réduire l'influence de la charge de travail sur la fiabilité de l'inventaire revient donc à augmenter la vitesse de traitement du processus, ou autrement dit, à accélérer le processus d'expédition.

Ainsi nous avons identifié trois pistes pour l'amélioration de la fiabilité de l'inventaire en agissant sur le processus d'expédition. Etant une solution évidente et coûteuse, la proposition d'augmenter le nombre de magasiniers ne doit être envisagée qu'en dernier recours. Nous nous concentrerons donc dans notre travail sur les deux autres propositions d'amélioration. Vu que l'une de ces propositions consiste à accélérer le processus d'expédition et que le Projet III vise à améliorer les temps de service au niveau du processus d'expédition en accélérant ce même processus, nous considérons donc que les solutions apportées dans le Projet III sont des solutions pour le Projet I. Quant à la proposition de réduire le nombre de lignes commandées, qui semble de prime abord illogique vu que la demande est considérée comme une variable sur laquelle nous n'avons pas de contrôle, elle sera aussi traitée dans le cadre de projet III.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats obtenus par la réalisation de l'étape de mesure et d'analyse pour le projet I. L'analyse a pointé du doigt le processus d'expédition comme le facteur le plus important agissant sur la fiabilité de l'inventaire. Comme le Projet III portant sur l'amélioration du temps du service va prendre en charge l'étude du processus d'expédition, les solutions qui seront apportées pour ce projet seront aussi des solutions pour le Projet I. Aussi et vu le lien entre les deux projets, l'étude du Projet III fera l'objet du chapitre qui suit.

Chapitre VI:
Amélioration du temps de service

Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons l'étude du Projet III qui a pour objectif d'améliorer le service au client en réduisant le temps de service. Pour cela, nous utiliserons une analyse Lean à travers la cartographie VSM.

Par ailleurs, comme ce projet s'intéresse au processus d'expédition qui a été identifié, dans le Projet I, comme le plus important levier d'amélioration de la fiabilité de l'inventaire, toute l'étude qui suit se fera aussi bien du point de vue Lean que du point de vue du Projet I.

I. Etape de mesure et d'analyse

Pour mener l'étape de mesure et d'analyse du projet III, nous suivons les (03) premières étapes de construction de la carte VSM : choix de la famille de produits, dessin de l'état actuel et analyse.

1. Choix de la famille de produits

Avant d'entamer la construction de la carte VSM, il est nécessaire de choisir l'objet de l'étude. Vu que le MM offre un service à ses clients, on ne peut parler de produits proprement dit. Cependant, on peut considérer la commande dans le processus d'expédition comme un produit, car elle traverse l'ensemble du processus pour se transformer à la sortie en une livraison d'articles demandés par le client. Comme spécifié dans la description du processus d'expédition de l'étape de définition, la commande peut être matérialisée par une copie papier qu'on appellera RF ou par une transaction électronique directement par le WMS. La forme sous laquelle se matérialise la commande est importante car le processus de traitement de cette commande n'est pas le même comme nous le verrons plus loin c'est pourquoi, nous allons réaliser deux cartographies VSM pour le processus d'expédition.

La question de l'hétérogénéité de la forme de la commande étant réglée, s'est posée celle de l'hétérogénéité de volume, relative au nombre de lignes de commande d'une commande type. La commande type retenue est celle contenant le nombre moyen de lignes. En supposant que le nombre de lignes non satisfaites est négligeable, le nombre moyen de lignes a été calculé comme suit :

$$\text{Soient : } \begin{cases} L : \text{Nombre de lignes traitées pendant la dernière année;} \\ C : \text{Nombre de commandes traitées pendant la même période.} \\ N : \text{Nombre moyen de lignes par commande} \end{cases}$$

Tel que :
$$N = L/C$$

Ce calcul nous a permis de fixer à 4 le nombre de lignes d'une commande type.

2. Dessin de l'état actuel

Pour pouvoir identifier les différents gaspillages, proposer des solutions pour leur réduction et élaborer une carte remaniée de la chaîne de valeur, il convient tout d'abord d'avoir une vue précise de la situation actuelle. Ainsi, cette partie est consacrée à la démarche de construction des deux cartes VSM concernant les deux versions du processus d'expédition. Pour la conduite de cette étape, correspondant à l'étape de Mesure dans la démarche DMAIC, nous avons suivi les étapes ci-après :

Première phase : Le Client & Le Fournisseur

L'identification des clients et des fournisseurs et toutes les informations les concernant sont des phases distinctes et non consécutives dans le cas de VSM des processus de fabrication. Cependant, dans le cas des processus de services, ces deux entités sont confondues. Les segments opérationnels étant déjà identifiés comme clients dans l'étape de définition, il faudrait déterminer les informations pertinentes à intégrer dans les cartographies VSM. Après avoir fixé la période sur laquelle sera basée l'étude, l'information nécessaire concernant le client est celle du nombre moyen de demandes par jour, soit encore le taux d'arrivée moyen des clients par jour. Comme il a été retenu de cartographier les deux versions du processus d'expédition, il s'agira de calculer ce taux pour chacune des formes de la commande. A partir des données extraites du WMS, nous avons obtenu les résultats suivants :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Taux d'arrivée total} = 18 \text{ arrivée/Jour} \\ \text{Taux d'arrivée par RF} = 14 \text{ arrivée/Jour} \\ \text{Taux d'arrivée par WMS} = 4 \text{ arrivée /jour} \end{array} \right.$$

Deuxième phase: Les étapes du processus & les Flux d'information

La cartographie du processus d'expédition a déjà été élaborée par SIPOC. Dans cette partie, elle sera traduite en langage graphique du VSM afin de représenter les flux physiques et informationnels pour les deux versions de commande : papier et électronique.

Troisième phase: la Ligne des Temps

Le VSM n'est différent des autres méthodes de cartographie que par cette ligne des temps. Souvent, pour estimer ces temps, on procède à un échantillonnage sur de longues périodes, qui s'allongent d'autant plus dans le cas des services car, contrairement aux machines, la ressource humaine qui produit le service a des temps caractérisés par une grande dispersion. Néanmoins, la précision des mesures, même si elle n'est pas parfaite, ne devrait pas être un obstacle pour l'amélioration. En l'absence d'une culture de la mesure, le premier pas serait d'obtenir des mesures qui donnent une idée sur l'ordre de grandeur et préservent les proportions. Le principe d'amélioration continue pourra ensuite être appliqué pour obtenir des mesures plus affinées et plus exactes.

Dans cet esprit et en considérant la courte durée de notre stage, nous n'avons pas pu mener une campagne de relevés sur une durée représentative. Pour pallier à cette contrainte, nous avons estimé les différents temps et informations à partir :

- De simulations réelles du processus d'expédition ;
- Des historiques du site ;
- De résultats issus de la théorie des files d'attentes.

Les estimations obtenues ont été jugées acceptables sur la base d'une comparaison avec des mesures déjà faites par l'un des clients de MM. En effet, ce client insatisfait suite à la lenteur des traitements au niveau du processus d'expédition, a pris l'initiative de mesurer depuis quelques années le temps qui s'écoule depuis que l'opérateur quitte l'atelier jusqu'à ce qu'il revienne avec les articles commandés. Ainsi et vu que l'estimation du temps total passé par l'opérateur dans le système est proche du temps moyen calculé par le client et que les estimations des temps des différentes tâches ont été jugées réalistes par les magasiniers et le superviseur, elles ont été retenues pour l'analyse.

Ainsi, pour les VSM des deux versions du processus d'expédition, la ligne des temps a été tracée sous les cases processus. Le dessin de cette ligne nous permet de recenser tous les temps qu'il faudra estimer. Nous présenterons dans la première partie la manière dont les temps des différentes tâches ont été estimés et, dans la seconde, celle dont toutes les autres mesures apparaissant dans les deux VSM l'ont été.

❖ Estimation des temps des tâches

Pour estimer les différentes mesures, nous avons divisé les tâches en trois groupes :

- **Groupe 1** : tâches dont les temps sont indépendants du magasinier et de la commande ;
- **Groupe 2** : tâches dont les temps dépendent du magasinier qui les exécute ;
- **Groupe 3** : tâches dont les temps dépendent de la commande.

▪ Estimation des temps du Groupe 1

Les tâches de ce groupe étant indépendantes et du magasinier et de la commande le problème de représentativité lors de l'estimation de leur temps ne se pose pas. Les durées de ces tâches sont la moyenne des mesures relevées plusieurs fois lors de leur exécution réelle par les magasiniers. Les tâches appartenant à ce groupe sont :

- VSM 1 : Recevoir la RF, emballer et archiver ;
- VSM 2 : Imprimer la liste du picking, emballer et archiver.

▪ Estimation des temps du Groupe 2

Les tâches de ce groupe sont toutes des tâches où les magasiniers doivent manipuler l'outil informatique et utiliser le WMS. Etant donné que le degré de maîtrise de cet outil ainsi que la rapidité de sa manipulation diffèrent d'un magasinier à l'autre, ces tâches ont été qualifiées de dépendantes du magasinier qui les exécute. Les durées de ces tâches dépendent aussi du volume des commandes, mais puisque nous avons retenu comme commande type celle contenant quatre lignes, on considèrera donc ces tâches comme indépendantes de la commande. Suite à ce choix, il n'est plus possible de mesurer les temps en observant l'exécution réelle du processus vu que les commandes sont différentes. Nous avons donc demandé aux différents magasiniers d'exécuter ces tâches en leur donnant des commandes de quatre lignes. Pour pallier un peu à l'effet qu'un observateur peut avoir sur l'observé dans ce type d'expérience, nous avons arrondi par excès les moyennes obtenues. Les tâches faisant partie de ce groupe sont :

- VSM 1 : Compléter la RF, créer la transaction ;
- VSM 2 : Recevoir la transaction, clôturer la transaction.

▪ **Estimation des temps et données du Groupe 3**

Ce groupe inclut uniquement une tâche, le picking, considérée comme dépendante de la commande. Comme la zone de stockage est divisée en sous-zones dédiée chacune à un segment, alors le temps de picking d'une commande, proportionnel à la distance qui sépare les sous-zones de stockage et la zone de l'expédition, dépendra de son segment d'origine. Pour estimer la durée moyenne globale de cette tâche nous avons adopté la démarche suivante :

- Créer pour chacun des six segments une commande contenant quatre lignes en veillant à ce que les articles commandés soit éparpillés dans la zone de stockage dédiée au segment ;
- Mesurer le temps de préparation de chacune de ces six commandes ;
- Calculer à partir de données extraites du WMS, la contribution de chaque segment dans la demande totale traitée par l'entrepôt sur une période d'une année ;
- Obtenir le temps moyen global de picking en calculant la moyenne pondérée des temps de picking estimés pour chaque segment.

❖ **Estimations des autres mesures**

L'estimation des différents temps n'étant pas suffisante pour que les deux VSM soient complètes et fassent l'objet d'une analyse, il a été nécessaire d'estimer d'autres mesures qui sont :

- **Données sur les commandes** : le nombre moyen de transactions en attente d'être créées et le temps moyen de leur attente dans le cas du VSM 1 ; le nombre moyen de transactions en attente d'être clôturées et le temps moyen de leur attente dans le cas du VSM 2 ;
- **Données sur les clients** : le nombre moyen de clients dans la file d'attente et le temps moyen d'attente dans le système;

▪ **Données sur les commandes**

Pour estimer les grandeurs concernant les transactions en attente d'être créées ou clôturées, nous avons utilisé l'échantillon constitué dans l'étape de Mesure du Projet I. Dans l'objectif d'étudier l'influence des différentes variables exogènes sur la fiabilité, nous avons

recensé toutes les commandes qui ont été traitées, chaque jour, sur une période de 20 jours. En disposant des dates de traitement des commandes et en vérifiant les dates de clôture de la transaction relative à ces commandes, nous avons déterminé, pour chaque jour de la période d'échantillonnage, le nombre de transactions non créées ou non clôturées le jour de leur traitement. Cela a permis d'obtenir le nombre moyen de transactions, non créées pour le VSM 1 et non clôturées le jour de leur traitement pour le VSM 2. Puis en calculant le temps d'attente pour toutes ces transactions non introduites à temps dans le système nous avons estimé le temps moyen d'attente pour les deux types de commandes.

▪ **Données sur les clients**

Vu que dans le cas de l'entrepôt, objet de notre étude, ce sont les clients qui viennent récupérer leur commande, et que l'objectif du projet III est d'améliorer le temps global de service, il était indispensable d'estimer le nombre moyen de clients en attente d'être servis ainsi que le temps moyen d'attente. Nous avons à cet effet fait appel aux notions de la théorie des files d'attente et plus précisément à la formule de Little qui peut être utilisée indépendamment de la loi d'arrivée, de la loi des temps de service, du nombre de serveurs ou de la discipline de la file (Aboun, 2013).

Elle est exprimée par : $N = \lambda * W$

Où $\begin{cases} N: \text{nombre moyen de clients dans le système} \\ \lambda: \text{taux d'arrivée des clients} \\ W: \text{temps moyen d'attente des clients dans le système} \end{cases}$

Cette loi ne permettant de déterminer qu'une mesure de performance inconnue à partir de deux connues et ne disposant que d'un paramètre connu, à savoir le taux d'arrivée, nous devons en déterminer un autre, N dans notre cas car plus simple. A cet effet, et sur une période d'une semaine, nous avons compté quatre fois par jour, à des moments différents, le nombre de clients se trouvant dans l'entrepôt. Ceci nous a permis d'obtenir une moyenne de 1,25 clients. En appliquant la loi de Little, avec $\lambda = 18 \text{ arrivées/Jour} = 3,6 \text{ arrivées /Heure}$ et $N=1.25$, on trouve que le client séjourne dans le système 21 minutes en moyenne.

Tous les résultats obtenus sont présentés dans les deux cartes VSM, Figures VI. 1 a et b

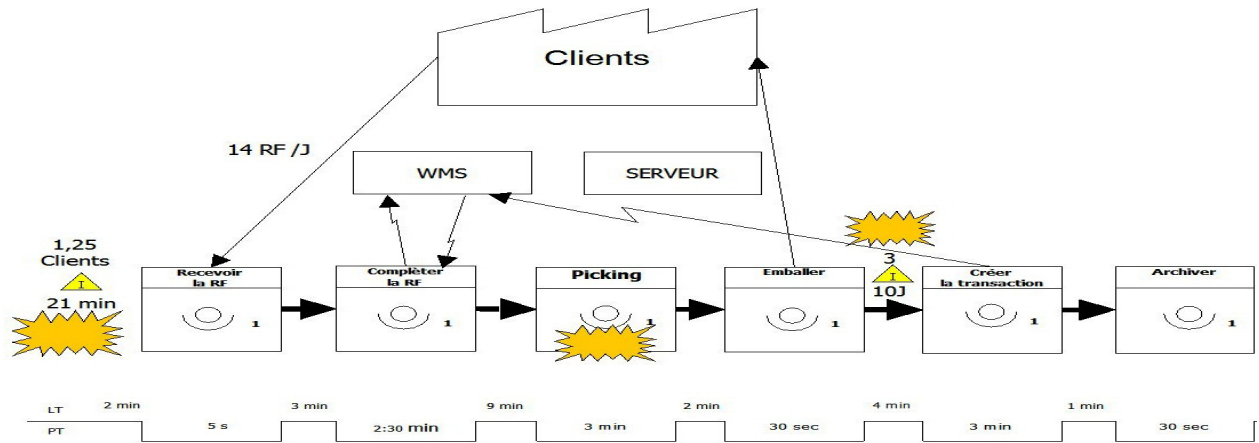


Figure VI.1.a. VSM 1 du processus d'expédition : commande en format papier

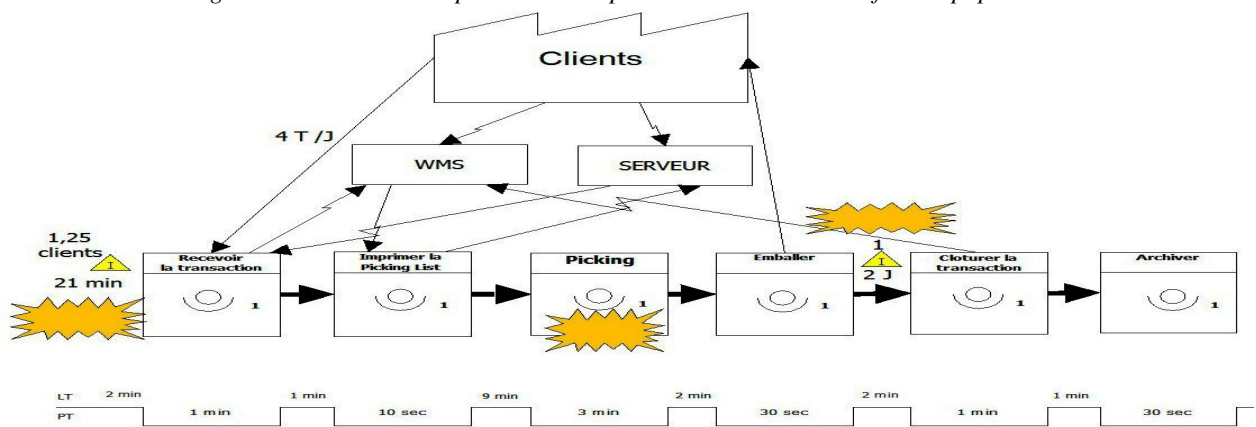


Figure VI.1.b. VSM 2 du processus d'expédition : commande en format électronique

3. Analyse des cartographie VSM

La cartographie n'est pas une finalité et le but de ce travail est de pouvoir l'analyser afin de mettre en lumière les différents gaspillages. Cette analyse de l'état actuel va permettre de créer par la suite un état futur où les améliorations seront mises en avant. L'analyse des deux cartographies VSM nous permet de voir différents *muda* :

- **Gaspillage 1 : Attente**

L'analyse des deux VSM laisse apparaître que le client séjourne dans le système en moyenne 21 minutes. Ce temps justifie l'insatisfaction des clients car excédant le temps maximal de 15 minutes promis lors de la centralisation des stocks. Il justifie aussi la nécessité du Projet III visant à réduire ce temps ainsi que le coût associé. Ainsi, si on considère une période d'une année, on trouve que les clients passent en moyenne 2300 heures dans le

système, ce qui, du point du vue Lean, est un gaspillage qu'il faudra éliminer ou réduire. Ceci pourra se faire en réduisant soit le temps de service, soit le taux d'arrivée des clients.

▪ **Gaspillage 2 : Mouvements inutiles**

Si on examine les deux cartographies, on remarque que l'étape qui nécessite le plus de temps est celle du picking. Les magasiniers étant expérimentés et accoutumés à l'organisation de l'entrepôt et n'ayant donc pas de difficulté à retrouver les adresses des articles demandés par le client, nous avons considéré cette tâche comme la somme du déplacement et du picking proprement dit. Le Tableau VI.1, indique les proportions du temps de picking et du temps de déplacement dans celui du processus et du service.

Tableau VI.1. Proportions du temps de picking et du temps de déplacement dans celui du processus et du service

	LT du processus (VSM1)	LT du processus (VSM 2)	Temps de service (VSM1)	Temps de service (VSM 2)
Picking	43%	53%	56%	64%
Déplacement	29%	35%	38%	43%

A partir du Tableau VI.1, on constate par exemple que le lead time du picking représente 43% du lead time du processus dans le cas d'une commande sur support papier et 53% du lead time du processus lorsque la commande est envoyée directement via le WMS.

Si on se réfère à présent à la liste des gaspillages identifiés par Ohno, on constate que parmi ces muda il y a celui des mouvements inutiles. Ceci se traduit par le fait que le déplacement lors du picking est un gaspillage qu'il faudra réduire ou éliminer selon les principes de Lean. Mais comme l'entrepôt travaille en système « homme vers articles » et qu'il n'est pas envisageable de changer de système, l'objectif serait de réduire le temps du déplacement. La réduction de ce gaspillage devient impérative dès lors qu'il représente près de 40% du temps de service.

▪ **Gaspillage 3 : Stocks**

Le dernier gaspillage que l'analyse des deux cartographies VSM a mis en évidence est celui du stock. Le stock dans les services étant défini comme toute information en attente de traitement, on peut considérer donc les transactions en attente d'être créées ou clôturées

comme constituant un stock des encours. Ainsi, selon les principes de Lean, ces stocks doivent être réduits ou éliminés. Ils doivent aussi être éliminés du point de vue de l'objectif du Projet I relatif à l'amélioration de la fiabilité d'inventaire. Si on considère cette fiabilité comme étant la correspondance entre les quantités réellement disponibles et les quantités affichées par le système, on déduit qu'à chaque fois que le nombre de transactions en attente d'être créées ou clôturées augmente cela réduit proportionnellement cette fiabilité.

Pour déterminer la façon de réduire ces encours, on peut faire appel encore une fois à la loi de Little qui, appliquée au cas des processus, est l'une des cinq lois du Lean Six Sigma qui stipule que « la vitesse de n'importe quel processus est inversement proportionnelle à la quantité des encours (WIP) ». Ainsi pour réduire les encours dans le processus d'expédition, nous pouvons augmenter la vitesse de ce processus en éliminant les tâches inutiles et en réduisant les gaspillages qui ne peuvent être complètement éliminés. Cette conclusion permet de confirmer celle déjà établie lors de l'analyse du modèle de régression.

En comparant les deux cartographies VSM, on remarque que ce sont les commandes transmises par support papier qui ont un plus grand impact négatif sur la fiabilité ce qui semble, de prime abord, contredire les résultats de la régression dans le Projet I où la variable X_3 n'était pas significative. En effet, si on considère que l'objectif de la régression était de répondre à la question : « Pourquoi le système n'est-il pas mis à jour à temps, soit le jour même où les commandes ou les réceptions ont été traitées ? » et que cette variable exogène n'a pas connu une grande variabilité par rapport à la variable endogène pendant la période d'échantillonnage, alors cela explique pourquoi cette variable n'avait pas d'influence sur la fiabilité du jour. Mais, si on considère à présent la fiabilité du site, mieux vaut avoir une transaction qui attend deux jours que trois qui attendent dix jours en moyenne avant d'être créées. Ceci laisse supposer que la fiabilité pourrait être améliorée en réduisant la proportion des commandes transmises par support papier.

II . Etape Innover/ Améliorer (Projet I et III)

Dans le cadre du projet III qui, rappelons-le, consiste à améliorer le temps de service clients, nous allons entamer l'étape de Innover / Améliorer, qui autorise l'équipe LSS à apporter des modifications profondes dans le processus étudié. Dans cette étape qui se décline en quatre phases principales (génération des idées, expérimentation, analyse des risques et planification de la mise en œuvre), nous nous limiterons aux deux première phases car l'étude

de faisabilité des solutions et leur mise en œuvre sont prises en charge par des équipes autres que l'équipe LSS. Sur la base d'une revue de la littérature et de discussions avec l'équipe MM, les solutions les plus simples, les plus adaptées et les plus efficaces ont été retenues pour réduire les gaspillages identifiés à l'étape d'analyse.

A cause de la correspondance entre le cycle DMAIC et les étapes du VSM, nous avons organisé l'étape « améliorer » selon les étapes du VSM.

1. Dessin de l'état futur

Dans l'étape d'analyse, trois gaspillages ont été identifiés: attente, mouvements inutiles et stocks d'encours. Pour réduire les attentes ainsi que les stocks d'encours, il a été proposé d'accélérer le service et de réduire le taux d'arrivée des clients qui a été défini lors du Projet I comme la charge du travail au niveau du processus d'expédition (X_2). Quant à la réduction des mouvements inutiles lors du Picking, elle constitue le premier et le plus important levier pour accélérer le processus étant donné que l'étape du Picking est celle qui consomme le plus de temps.

Les étapes précédentes ont aussi permis de valider l'hypothèse qui stipule que la forme de la commande influence l'exactitude de l'inventaire sur le long terme. Nous avons remarqué que le nombre de commandes sous forme électronique était en augmentation, qu'il y avait de plus en plus de clients qui complétaient eux-même la commande en support papier alors que la création d'une transaction par le WMS nécessite approximativement le même temps. Aussi, et vu le grand impact négatif des commandes en support papier sur la fiabilité de l'inventaire, nous supposons, dans le dessin de l'état futur, que MM réussira à convaincre ses clients de la nécessité de faire du WMS l'unique moyen de transmission de leurs commandes. Ainsi, l'homogénéisation de la forme de la commande permettra à MM de travailler sur une seule version du processus d'expédition. La nouvelle organisation de ce processus est présentée dans la Figure VI.2 :

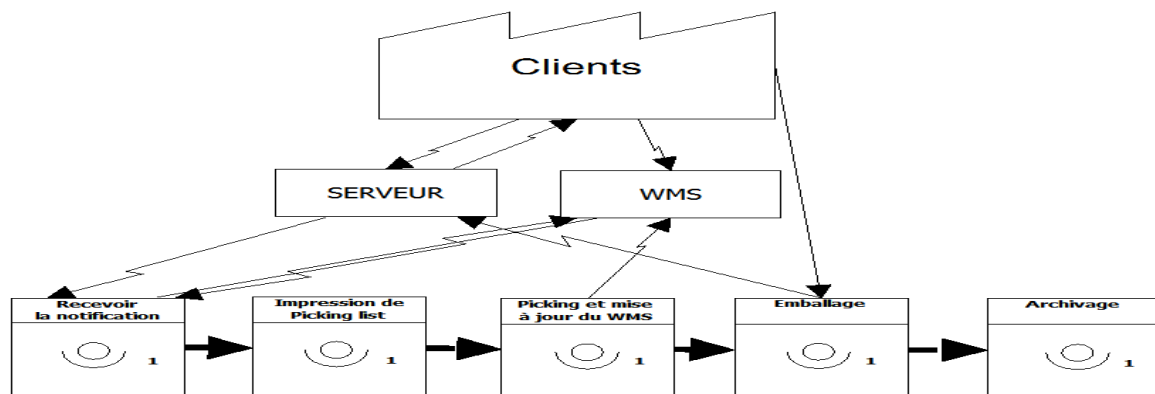


Figure VI.2.VSM Future: Nouvelle organisation du processus d'expédition

En plus de l'élimination de deux formes de la commande, la Figure VI.2 permet de constater un changement considérable dans les étapes du processus. Alors qu'initialement, le processus, dans ses deux versions, se déroulait en six étapes, le processus futur ne se déroulerait qu'en cinq étapes. L'étape éliminée est celle de création de la transaction dans le VSM 1 et clôture de la transaction dans le VSM 2. Ces étapes sont en fait intégrées à l'étape de Picking devenue Picking et mise à jour. Cela devient possible grâce au projet que l'entreprise a lancé à la fin de notre stage et ayant comme objectif l'installation d'un système d'identification et de traçabilité par code à barre. Etant un projet d'entreprise au niveau mondial, nous pouvons affirmer que ce système permettra au préparateur des commandes de mettre à jour le système directement après le prélèvement physique. Ce système pourra donc améliorer d'une façon considérable la fiabilité de l'inventaire.

En troisième lieu, un changement plus important que les précédents aux yeux des clients, est celui de la circulation des flux d'information et de l'instant d'arrivée des clients. Que la commande soit électronique ou sous format papier, la préparation de la commande du client ne commence qu'après l'arrivée de ce dernier. C'est cette façon de faire qui induit les files d'attente et augmente le temps de séjour du client dans l'entrepôt. Ayant supposé que MM réussira à éliminer les commandes en format papier, dans l'état futur que nous avons dessiné, le client transmettra sa demande à travers le serveur sans se rendre à l'entrepôt. Une fois la commande préparée et notifiée par le magasinier, le client pourra se rendre à l'entrepôt pour récupérer sa commande, ce qui permettra d'éliminer les attentes des clients. Ce changement combiné à la solution technique expliquée ci-dessous, permettra d'éliminer les temps d'attente et de réduire au maximum les temps de déplacement entre ateliers et entrepôt, constituant ainsi une importante amélioration du service au client.

Après l'explication du VSM futur illustrant la nouvelle organisation du processus d'expédition, nous aborderons dans les parties qui suivent les solutions techniques proposées dans le cadre du Projet I relatif à l'amélioration de la fiabilité d'inventaire et du Projet III portant sur l'amélioration du temps de service au client. Ces améliorations consisteront à **réduire la charge de travail et à accélérer le processus en réduisant le temps du Picking**. Dans chacune des deux parties, le choix de la solution proposée sera justifié et les étapes de sa mise œuvre seront détaillées.

2. Les solutions techniques proposées

2.1. Réduire la charge à travers l'entreposage aux points d'utilisation avec système kanban

L'une des variables que l'analyse du modèle de régression et l'analyse du VSM ont pointée du doigt est la charge au niveau du processus d'expédition. Cette variable a une influence négative sur la fiabilité de l'inventaire dans le Projet I. Dans le Projet III, en utilisant la loi de Little, il a été démontré que le taux d'arrivée λ , autre nom pour la charge, influence négativement et l'attente des clients et le nombre des encours. Ainsi, il a été conclu que la réduction de cette charge au niveau du processus d'expédition contribuerait à améliorer la fiabilité de l'inventaire et le temps de service au client.

Avant de commencer à réfléchir à la manière de réduire cette charge, une analyse a été effectuée pour voir la contribution de différents articles dans la charge de travail. Les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau VI.2.

Tableau VI.2. Contribution des articles dans la demande

Segment	REW	DBM	TST	STT	ALS	RSA/RSL	Total
%Fréquence de demande							
50%	4%	11%	7%	8%	8%	17%	6%
80%	14%	30%	25%	28%	22%	41%	17%

Ces résultats ont été obtenus à partir d'un historique d'une année. A partir du Tableau VI.2, on peut voir que les articles ont des fréquences de demande différentes. Dans le cas de REW, par exemple, on voit que 4% des articles du segment représentent 50% du nombre total de lignes de commande de ce segment, traitées pendant une période d'une année, et que 14% des articles représentent 80% de ce nombre total. Si on regarde maintenant le nombre total de lignes de commande traitées par l'entrepôt, quel que soit le segment, on constate que 6% des articles stockés représentent 50% de ce nombre et seulement 17% représentent 80% du nombre total de lignes traitées. On remarque que tous ces chiffres sont en accord avec le principe de Pareto.

De ces résultats, on peut déduire la charge de travail peut être considérablement réduite si l'entrepôt change la façon de livrer les articles les plus fréquemment utilisés. Cette nouvelle façon de faire consiste à rapprocher les stocks de ces articles du client. Ainsi, au lieu qu'un opérateur vienne récupérer à chaque fois une faible quantité d'un article qu'il utilise fréquemment, il aura à la prélever du stock se trouvant dans l'atelier où il travaille. Cela éliminera les temps perdus dans le déplacement ainsi que le temps de séjour dans l'entrepôt. L'ensemble de ces stocks seront approvisionnés périodiquement par un magasinier en quantités importantes. Avec un tel système de consolidation, le temps de préparation des commandes sera réduit de manière sensible. Quant à l'inventaire, il sera plus fiable car le nombre de manipulations du système est moindre diminuant ainsi le risque d'inexactitude de l'inventaire ainsi que le temps passé pour sa mise à jour.

Cependant, pour que l'entreprise puisse bénéficier de ce nouveau système, appelé **entreposage au point d'utilisation (Point of Use Warehousing)**, il est nécessaire que ce dernier soit sous contrôle. Pour ce faire, le Lean fournit un outil simple et puissant permettant à l'entreprise de le contrôler et de tirer profit de tous ses avantages. Cet outil est **le Kanban**.

Ainsi, dans la partie qui suit, les principes d'entreposage au point d'utilisation et le système Kanban seront expliqués puis les étapes de la mise en œuvre de ce système seront énumérées.

A) Entreposage au point d'utilisation

Les stocks peuvent être gérés au niveau du point d'utilisation du client en utilisant divers outils comme les mini-magasins, les distributeurs automatiques ou les kits. Ces outils sont utilisés communément pour les pièces et consommables à faible valeur et dont la consommation est fréquente (Corakci, 2008). Etant donné qu'il n'est pas envisageable d'utiliser les distributeurs à cause de l'investissement initial et de la difficulté de leur maintenance, il reste seulement à choisir entre le stockage individuel d'articles dans les mini-magasins ou sous forme de kits.

Pour choisir entre ces deux formes de stockage, plusieurs critères ont été retenus :

▪ Premier critère : facilité de mise en œuvre

Par rapport à ce premier critère, le Kitting apparaît moins facile à mettre en œuvre. Chaque segment devra tout d'abord constituer, pour chaque kit, une nomenclature spécifiant

les articles à intégrer et en quelles quantités. Du côté de l'entrepôt, cette forme pourra présenter une difficulté de préparation aux magasiniers pouvant mener à des kits incomplets ou comportant des articles non appropriés.

▪ **Second critère : la fiabilité de l'inventaire**

Le WMS n'intégrant pas la notion de nomenclature, il n'est pas donc possible de consommer informatiquement les kits approvisionnés en entier. Les magasiniers devront donc consommer individuellement les articles inclus dans les kits, ce qui peut contribuer à l'inexactitude de l'inventaire.

En tenant en compte de toutes ces réserves, le choix s'est porté sur l'entreposage individuel des articles au niveau des points d'utilisation dont le contrôle sera assuré en utilisant Kanban.

B) Système Kanban

Le Kanban est un outil Lean de management visuel. Dans ce système, on utilise souvent une étiquette qui sert à matérialiser la commande que passe un poste client à un poste fournisseur. Dans le contexte de notre étude, les étiquettes kanban sont **de transport** et le type de kanban en circulation est le **kanban unique** (Gassmann, 2012) :

- **Kanban de transport** : les étiquettes sont des ordres de prélèvement des stocks de l'entrepôt pour approvisionner ceux du segment ;
- **Kanban unique** : le stock se trouve uniquement au niveau du segment et de l'entrepôt et il n'y a donc pas de stock intermédiaire.

Le type de kanban caractérisé, il faudra choisir entre les différentes formes de matérialisation du kanban parmi lesquelles on peut citer : le Kanban par étiquette, le Kanban par marquage au sol, le Kanban par double bac et le Kanban « étiquette rouge ». La forme qui a été retenue est une forme hybride entre le kanban par double bac et avec étiquette. Cette forme combine l'avantage de traçabilité que permet le kanban par étiquette et ceux de simplicité et d'adaptation aux petites et peu coûteuses pièces assurés par le kanban par double bac. Les autres formes ont été écartées pour les raisons suivantes :

- **Kanban par marquage au sol** : cette forme est adapté aux pièces de taille importante et elle est consommatrice d'espace ;
- **Kanban « étiquette rouge »** : cette forme est adapté aux pièces de taille moyenne et avec des formes cubique.

C) Plan de mise en œuvre

❖ Phase de préparation

Avant d'envisager la mise en œuvre, il faut tout d'abord que MM entame des discussions avec les segments. L'équipe MM doit préparer une liste pour chaque segment contenant les articles ayant les plus grandes fréquences de consommation. Après s'être mis d'accord sur les articles à stocker, ils devront décider de la quantité à stocker pour chaque article sur la base des consommations moyennes ainsi que de l'emplacement de stockage.

❖ Phase de mise en œuvre

La mise en œuvre peut débuter en préparant puis en installant les composants suivants :

- Deux bacs pour chaque référence
- Deux Kanban pour chaque référence, chacune pour chaque bac. Si les bacs sont remplis avec les articles, les kanbans sont mis dans ces bacs;

Référence	Description	Référence	Description
XXX	XXX
Segment	Adresse Segment	Segment	Adresse Segment
REW	AA1	REW	AA1
Adresse Entrepôt	Quantité	Adresse Entrepôt	Quantité
BB1	25	BB1	25
Kanban 1/2		Kanban 2/2	

Figure VI.3. Etiquettes Kanban

- 1 bloqueur pour signifier à l'opérateur qu'il ne devra pas prélever de ce bac et encourager ainsi FIFO.



Figure VI.4. Système Kanban à double bacs

- Un bon adressage des bacs ;
- Caisse à kanban : quand un bac est vidé, l'étiquette est mise dans la caisse pour signaler que le bac doit être approvisionné.



Figure VI.5.Caisse à Kanban

❖ Phase d'exploitation

Selon les quantités stockées et la consommation moyenne, l'équipe MM doit créer un planning où le magasinier doit vérifier les Kanbans dans la caisse à Kanban et réapprovisionner les bacs dont les Kanban sont dans la caisse. La demande n'étant pas stable, l'équipe MM doit revoir périodiquement la liste des articles stockés au niveau des points d'utilisation ainsi que leurs quantités.

2.2. Réduire le temps de picking en optimisant l'affectation des articles

A) Revue de littérature

Le processus de Picking consiste à prélever les articles de leur emplacement de stockage en réponse à une demande spécifique du client. C'est le processus qui nécessite le plus de ressources dans l'entrepôt et on estime sa contribution dans les coûts de l'entrepôt à 55%. C'est pour cette raison que les chercheurs dans le domaine d'entreposage le considèrent comme le champ le plus prometteur pour l'amélioration de la productivité des entrepôts (Mersha, 2013).

Ce processus est effectué soit manuellement par des opérateurs ou par le biais d'un système automatique. Ainsi, selon le moyen utilisé, ce processus est exécuté de deux façons : Homme vers article : le préparateur se déplace jusqu'au lieu de rangement de l'article (adresse de picking) et y prélève le nombre d'articles commandés; Article vers homme : l'article sort automatiquement du stock et arrive devant (ou à proximité) du préparateur qui va prélever le nombre d'articles nécessaire (Mersha, 2013).

La Figure VI.6 illustre les activités du picking typique (Homme vers Article) et la distribution de leur pourcentage dans le temps global du processus. On remarque que le déplacement est la composante dominante ayant la plus grande contribution dans le temps global du picking. Etant considéré dans le Lean comme un gaspillage car consommant des heures de travail sans ajouter de la valeur au service, le déplacement est considéré donc comme le premier candidat à l'amélioration. Petersen et Aase (2004) considèrent le temps de déplacement comme une fonction croissante de la distance parcourue. Ainsi l'objectif de minimisation du temps de déplacement revient à la minimisation de la distance de déplacement.

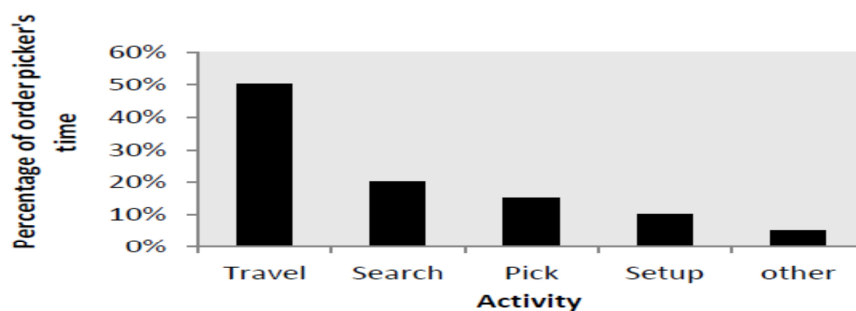


Figure VI.6: Distribution du temps de Picking (Mersha, 2013, page 4)

L'efficacité du processus de préparation des commandes dépend de facteurs tels la configuration de l'entrepôt, le système de stockage et les emplacements des articles. Généralement, pour améliorer l'efficacité de ce processus en minimisant le temps de picking ou autrement dit, la distance parcourue, la littérature propose quatre approches dont les plus importantes sont les trois premières (Ene et Öztürk, 2012):

- La première approche consiste à affecter les articles dans des emplacements choisis de façon à réduire les déplacements ;
- La deuxième consiste à planifier la tournée de picking ;
- La troisième approche consiste à grouper les ordres ce qui minimisera la distance parcourue en préparant d'un seul tenant toutes les commandes appartenant à un seul lot ;
- La dernière consiste à séparer l'entrepôt en zones. Ainsi les préparateurs de commandes prélèveront uniquement dans les zones où ils seront assignés.

Au-delà de ces approches d'optimisation du processus de picking, les spécialistes considèrent l'organisation de l'entrepôt comme un facteur important qui affecte son efficacité. Des études montrent que la conception de l'organisation influence à plus de 60% la distance

parcourue lors du picking. Mais ce facteur doit être pris en considération avant la construction et l'installation de l'entrepôt (Caron et al, 2000)

B) Génération et choix des solutions

Après l'analyse de la cartographie VSM du processus d'expédition, il est apparu que le processus de picking est celui qui consomme le plus de temps. Etant donné que l'amélioration du processus d'expédition est apparue comme le chemin qui mènerait à l'atteinte des objectifs du Projet I (exactitude de l'inventaire) et du Projet III (amélioration du temps de service), il est nécessaire de commencer cette amélioration par le processus qui consomme le plus de temps, à savoir le processus de Picking.

Dans le cas de l'entreprise, le processus de picking se fait manuellement selon le système Homme vers Articles. Etant donné que l'entrepôt est fonctionnel depuis des années et que l'entreprise n'envisage pas sa reconception, l'amélioration de ce processus se fera sur la base la première approche. Cette partie traitera uniquement la méthode d'affectation des emplacements de stockage pour les raisons suivantes :

- La troisième approche qui consiste à regrouper les commandes peut être considérée comme déjà proposée à travers la proposition de mise en œuvre du système d'entreposage au point d'utilisation avec le système Kanban. En fait, cette solution induit en partie l'approche de consolidation en réapprovisionnant les stocks des clients périodiquement avec des quantités fixes. Quant aux articles qui ne sont pas concernés par l'entreposage au point d'utilisation, ils ne peuvent pas faire l'objet d'une consolidation vu que leur demande se manifeste lors des défaillances des machines et que les réparations se font dans les plus courts délais ;
- La littérature considère l'approche adoptée comme l'une des plus puissantes en termes d'impact sur les temps de préparation de commande (Ene et Öztürk, 2012) ;
- La deuxième approche étant aussi considérée comme très efficace n'est pas adaptée au cas de l'entreprise. Si on considère le fait que les commandes des clients contiennent en moyenne quatre lignes, il apparaît que l'optimisation des tournées n'aura pas un grand impact. De plus, si cette solution était retenue, il serait nécessaire de proposer une application informatique qui s'intégrerait au WMS pour être optimale. En proposant cette solution, il faudrait donc démontrer que les gains qu'elle

apporterait excèderont les investissements nécessaires pour modifier un WMS qui centralise la gestion des stocks d'une multinationale ;

- Etant donné que l'entrepôt est un entrepôt de détails par nature, l'affectation d'opérateurs à chaque zone générera des coûts plus importants que ceux du processus du picking.
- **Optimisation du processus de picking par l'optimisation de l'affectation**

De façon informelle, l'affectation peut être optimisée en plaçant les produits les plus demandés près de la zone d'expédition et en rangeant les articles commandés ensemble les uns près des autres. Mais techniquement, la littérature définit trois principes importants pour supporter le regroupement des articles lors de l'affectation des emplacements de stockage (Ballou, 1992) : popularité, complémentarité et compatibilité

- **La popularité** traduit le fait que les articles dans un système de stockage ont des taux de rotation différents, et que ceux qui sont prélevés un grand nombre de fois devraient être placés près de la zone d'expédition ;
- **La complémentarité** se réfère à l'idée que les articles qui sont demandés simultanément devraient être localisés les uns près des autres ;
- **La compatibilité** concerne la possibilité que des articles puissent être localisés les uns près des autres.

Dans le cas de l'entrepôt étudié, le critère de compatibilité n'étant pas significatif, nous ne tiendrons compte que des critères de popularité et de complémentarité.

a) **La modélisation mathématique**

L'objectif étant de réduire les distances parcourues lors du picking par l'optimisation de l'affectation selon des critères définis, le premier outil qui a semblé répondre à cet objectif est la modélisation mathématique. Après que le modèle soit formulé (voir Annexe VI.1), il est apparu que l'optimisation de l'affectation par ce modèle ne sera pas retenues comme solution et cela pour les raisons suivantes :

- Le modèle initial est un problème d'affectation quadratique qui appartient à la classe des problèmes NP-dur. La complexité de ces problèmes faits que les méthodes de résolutions disponibles montrent leurs limites même pour les problèmes de tailles

moyennes. Avec plus de 12000 articles et 12000 adresses, la résolution de ce modèle dans le cadre de notre étude sera impossible ;

- Même si le modèle initial a été transformé en modèle d'affectation linéaire par la suppression du terme non linéaire prenant en charge le critère de complémentarité, sa résolution reste toujours difficile vu la taille de notre problème
- L'objectif de notre travail est de proposer des solutions pratiques pouvant être appliquées en milieu industriel. Si on prend en considération le caractère dynamique de la demande, il est évident que la solution optimale qui sera obtenue par la modélisation mathématique ne le sera plus après un certain temps vu que la fréquence de demande et la corrélation entre les différents articles vont changer. A la nécessité d'optimiser les déplacements lors de la préparation de commande, il faut aussi proposer une méthode qui peut être utilisée par l'entreprise pour adapter l'arrangement des articles dans l'entrepôt à l'évolution de la demande.

Pour toutes ces raisons, il y a eu nécessité de chercher une méthode simple qui assurerait une réduction, même non optimale, du temps du picking. Elle sera présentée ci-dessous.

b) La méthode de stockage

L'utilisation de la modélisation mathématique pour l'optimisation du temps du picking ayant été écartée, il convient alors de proposer une méthode ou une procédure simple à mettre en œuvre tout en assurant une réduction considérable des temps du picking. La littérature regroupe sous le nom de Méthodes de stockage (Storage Assignment Policy) les différentes méthodes utilisées pour affecter les articles à leurs emplacements de stockage.

Ces méthodes de stockage de base que la littérature propose sont au nombre de quatre (Bindi et al, 2012) :

- **Le stockage Dédié** : Chaque article a un emplacement prédéterminé qui lui est dédié même si le produit n'est pas dans le stock, ce qui présente l'inconvénient de non optimisation de l'espace. Cependant, l'avantage de cette méthode est que les préparateurs de commandes deviennent familiers avec les emplacements ce qui facilite cette opération.
- **Stockage aléatoire** : Chaque article entrant est affecté à un emplacement sélectionné aléatoirement. En général, ces produits sont affectés au premier emplacement vide proche de la zone de réception/expédition. En présentant l'avantage d'optimiser

l'espace, cette méthode ne peut s'appliquer sans l'existence d'un bon système d'information.

- **Méthode de stockage à base de classe :** Entre les deux premières méthodes, vient celle de stockage à base de classes où les articles sont divisés en classes distinctes. Fréquemment, ces classes sont obtenues en utilisant une analyse ABC où le critère de classification est la fréquence de demande de chaque article. Après que les classes soient déterminées, chacune d'elle est affectée à une zone dédiée dans la zone de stockage. A l'intérieur de chaque classe, les articles sont affectés aléatoirement.
- **Méthode de stockage corrélé :** Cette méthode est présentée comme une alternative à la méthode précédente. Elle prend en considération les relations possibles entre les articles et est basée sur l'estimation d'un paramètre de corrélation entre les différents produits. Les produits avec les paramètres de corrélation les plus élevés sont ensuite stockés ensemble.

Lorsqu'on observe la méthode utilisée dans l'entrepôt, on remarque qu'elle ne peut être assimilée à aucune des méthodes de base exposées ci-dessus ni à leurs combinaisons. La zone de stockage dans l'entrepôt est divisée en six sous-zones dédiées chacune aux stockages des articles de chaque segment. A l'intérieur de chaque sous-zone, les articles sont affectés aléatoirement dans le sens où il n'y a pas de critères clairs d'affectation.

Néanmoins, à cause de la longue durée de séjour des articles dans les stocks et de la stabilité du nombre de références stockées, la distinction entre affectation dédiée et affectation aléatoire devient moins importante. En intégrant l'objectif de réduire les temps du picking et en considérant le fait que les deux premières méthodes de base n'intègrent ni le critère de popularité ni celui de complémentarité, il restera donc à choisir entre le stockage à base de classe et le stockage corrélé.

Plusieurs travaux (Ene et Öztürk, 2012) ont démontré que le stockage par classes permet une réduction considérable en temps de déstockage comparativement aux autres méthodes de stockage. Dans le cas où les commandes sont à une seule ligne, il est évident que c'est la méthode la mieux indiquée. Mais, lorsque le nombre de lignes de commandes augmente, le choix entre les deux dernières méthodes devient difficile sans le recours à des outils tels que la simulation.

En considérant que le nombre moyen de lignes est de 4, on peut supposer que le critère de popularité reste encore plus fort que celui de complémentarité ce qui avantagerait la méthode de stockage à base de classe par rapport à celle du stockage corrélé sans pour autant que cette dernière ne soit écartée. Si on revient au fait que le temps de séjour est long, nous pouvons dire que, dans le cas de l'application de la méthode de stockage à base de classes uniquement, l'affectation à l'intérieur des classes pourrait être considérée comme dédiée puisque il y a un changement lent dans les emplacements des articles. C'est pourquoi, au lieu d'affecter les articles sans critère clairs, nous proposons d'appliquer la méthode de stockage corrélé à l'intérieur de chaque classe.

❖ **Déploiement opérationnel**

Pour mettre en œuvre la méthode proposée, il faudra suivre deux étapes :

- **Constitution des classes**

Selon la politique du stockage par classes, les produits dans l'entrepôt sont divisés en groupes sur la base de leur fréquence d'entrée/sortie. Ces groupes de produits sont assignés à une région (classe) où le nombre de régions est égal au nombre de groupes. L'attribution des groupes d'articles aux régions est faite selon la fréquence d'entrée/sortie. Ainsi, la région ayant le temps moyen de déstockage (restockages compris) le plus faible est assigné au groupe d'articles dont la fréquence est la plus élevée. Ce processus se poursuit jusqu'à ce que la région de plus fort temps moyen de déstockage soit assignée au groupe d'articles de plus basse fréquence.

L'analyse ABC permet de ranger tous les produits dans un inventaire sur la base de leur contribution à la demande totale et de les classer en groupe (classe), la classe A représentant les produits à fort débit, la classe B les produits à moyen débit, et la classe C les articles à faible débit.

- **Affectation des produits à l'intérieur des classes**

La complémentarité entre les articles sera représentée par l'indice de Jaccard.. L'indice utilisé en raison de sa simplicité et de sa large utilisation dans différentes disciplines est l'indice de Jaccard (Tremblay et *al*, 2012). Le coefficient de Jaccard est un coefficient d'association connu pour étudier la similarité entre deux objets caractérisés par des données binaires de présence-absence. Cet indice permet de calculer, en pourcentage, le degré de

ressemblance entre deux éléments. Dans notre contexte, cet indice mesure la fréquence avec laquelle deux produits se retrouvent en même temps dans une commande. Plus l'indice est élevé pour une paire de produits donnée, plus la fréquence avec laquelle ces deux produits se retrouvent simultanément dans une commande est élevée. Il est donc nécessaire de localiser ces produits près les uns des autres. Par exemple, si l'indice de Jaccard pour une paire de produit (i, j) est de 80%, cela signifie que lorsque le produit i apparaît dans une commande, la probabilité que le produit j y apparaisse également est estimée à 80%. L'indice de Jaccard entre les produits i et j se calcule comme suit :

$$J_{ij} = \frac{N(i, j)}{N(i, j) + N(i, \bar{j}) + N(\bar{i}, j)}$$

- $N(i, j)$: Nombre de commandes incluant à la fois l'article i et l'article j ;
- $N(i, \bar{j})$: Nombre de commandes incluant l'article i mais n'incluant pas l'article j ;
- $N(\bar{i}, j)$: Nombre de commande n'incluant pas l'article i mais incluant l'article j .

A partir de l'historique relatif aux commandes des clients, cet indice peut être calculé pour chaque couple d'article appartenant à la même classe. Après le calcul de cet indice, la procédure d'affectation des articles qui a été proposée est celle présentée par Tremblay (Tremblay, 2012) et dont les étapes sont:

- Sélectionner deux seuils α et β qui dirigent l'utilisation de l'indice de Jaccard. Identifier tous les racks appartenant à la zone dédiée à la classe en question ;
- Si tous les produits sont localisés, aller à l'étape 6. Sinon, soit p le produit non localisé apparaissant le plus souvent dans les commandes ;
- Assigner le produit p à l'alvéole encore libre la plus proche du point de départ ;
- Soit q le produit ayant le plus fort indice de similarité de Jaccard avec p .
 - a. Si $J(p, q) \geq \alpha$, assigner q à l'alvéole encore libre la plus proche de celle de p .
 - b. Sinon, retourner à l'étape 1.
- Soit k le produit ayant le plus fort indice de similarité de Jaccard avec p ou avec q .
 - a. Si $J(p, q) - \text{Max}(J(p, k) ; J(k, q)) \geq \beta$, assigner k à l'alvéole encore libre la plus proche de celle de p .
 - b. Sinon, retourner à l'étape 1.
- Retour à l'étape 4.
- Fin d'affectation

Avant d'appliquer cette procédure, il convient de fixer les valeurs de α et β et des tests préliminaires ont montré que les valeurs $\alpha=0,35$ et $\beta=0,35$ procurent les meilleurs résultats (Martel, 2008).

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté l'étude du Projet III portant sur l'amélioration du temps de service. Pour mener cette étude, l'outil du Lean VSM a été utilisé. Après avoir cartographié le processus d'expédition et estimé les différentes mesures, l'analyse de l'état actuel a identifié trois gaspillages : attente, mouvements inutiles et stocks d'encours. En concordance avec les résultats d'analyse du Projet I, l'accélération du ce processus et la réduction du taux d'arrivée ont été identifiés comme leviers d'amélioration.

Pour actionner ces leviers, deux solutions ont été proposées dans cette étude : un système d'entreposage au point d'utilisation en utilisant le kanban pour réduire la charge de travail et contribuer à accélérer le processus en assurant partiellement la consolidation des commandes ; une procédure pour l'optimisation de l'affectation des articles et donc d'accélération du processus.

Chapitre VII :
Optimisation des stocks

Introduction

Le deuxième projet que nous avons dégagé à la fin de l'étape de définition est celui de l'optimisation des stocks. Il a été mis en place pour améliorer les deux plus importantes caractéristiques de qualité, après celle concernant l'exactitude de l'inventaire, à savoir le taux moyen de couverture et le taux de service. L'étude de ce projet sera menée conformément à la démarche DMAIC.

L'étape de mesure sera d'abord abordée pour qu'elle permette d'identifier les différentes causes de variabilité des niveaux des stocks et de mesurer la performance du site en termes de gestion des stocks. Après cela, l'étape d'analyse des causes déjà identifiées dans l'étape de mesure sera entamée. A cause de l'utilisation de la simulation dans ce projet, après l'établissement de la problématique qui sera approchée par cet outil lors de l'étape d'analyse, cette dernière et l'étape d'amélioration seront confondues car l'étude du modèle actuel utilisé par l'entreprise et le modèle proposé sera menée conjointement. Par simplicité et par clarté, cette dernière partie sera considérée comme étape d'amélioration.

I. Mesurer

L'étape de mesure pour ce projet n'abordera que la phase de « Mesurer les processus ». La phase de l'analyse du système de la mesure ne sera pas traitée pour les raisons suivantes:

- Les données d'entrée de la gestion des stocks sont fournies par les trois processus déjà pris en charge dans le cadre du Projet I, à savoir : la réception, l'expédition et l'inventaire tournant.
- Nous supposons que les systèmes d'information sont moins sujets aux erreurs et ne contribuent donc pas ou que très faiblement à la variabilité des processus que mettent en évidence les données.

Dans la phase de « Mesurer les processus » nous nous restreindrons à deux sous-phases : l'analyse des causes et le calcul de niveau Sigma. Dans l'analyse des causes, nous exposerons les différentes causes qui feront l'objet d'analyse et la manière de mener cette analyse. Enfin, comme dans le Projet I, nous terminons cette étape de Mesure en présentant la procédure suivie pour calculer le niveau sigma ainsi que les résultats obtenus.

1. Analyse des causes

L'objectif de l'étape de mesure étant de fournir les données sur les processus, ou du moins les différentes variables qui interviennent dans ces processus, il s'agira donc au préalable d'identifier et de définir toutes ces variables ou ces facteurs. Avant de présenter l'analyse menée dans le cadre du projet II, il convient de préciser que toute l'étude de ce projet se fixe comme finalité la proposition de solutions préventives. Ainsi, ce travail n'a pas pour ambition de réduire les stocks actuels, mais de proposer des solutions qui éviteront probablement à l'entreprise de constituer à nouveau cet excès. Cependant, il faut souligner que l'entreprise a déjà pris depuis quelques temps des mesures pour réduire ces excès. Nous pouvons citer, entre autres :

- l'ajout au tableau du bord du MM d'un indicateur sur l'intensité des flux dans le processus du transfert (FMT) considéré comme l'un des cinq processus clés ;
- le lancement d'un projet mondial de redistribution des stocks considérés comme dormants dans certaines locations vers d'autres où ils sont considérés comme tournants.

Dans le Projet II, c'est le processus de la commande qui sera étudié vu qu'il détermine le niveau des stocks dont l'optimalité est mise en évidence à travers deux indicateurs : le taux de couverture moyen et le taux de service. Les variables d'entrée ainsi que les différents facteurs qui influencent la sortie de ce processus ont été identifiés. La variabilité de la demande et celle des approvisionnements étant les causes directes de la variabilité des niveaux des stocks, il a fallu chercher les causes profondes influençant les niveaux des stocks. Cette recherche a permis d'identifier les facteurs suivants:

- **L'exactitude de l'inventaire** : la décision de quand et combien commander est prise chaque fois lors de l'exécution du processus de commande et repose entièrement sur les données relatives aux niveaux des stocks, à la demande et aux approvisionnements. Puisque la politique de réapprovisionnement en cours est celle de point de commande, la décision de lancer une commande est prise si le niveau des stocks atteint le point de commande. Mais, lorsque les données qui sont affichées par le système ne sont pas exactes, une commande est lancée, soit trop tôt si les quantités dans le système sont supérieures à celles réellement disponibles, soit trop tard dans le cas contraire. En plus des niveaux des stocks, la décision de lancer une commande est basée sur les différents paramètres de la politique de réapprovisionnement déterminés sur la base des historiques. Le point de commande est calculé à partir des moyennes et dispersions de la demande et du délai de livraison. Si on prend comme exemple le cas d'un bon de réception réalisé tardivement : cela conduit à

surestimer la moyenne et la dispersion du délai de livraison. Cette surestimation de ces deux paramètres conduit à surestimer aussi le point de commande et donc à avoir plus de stocks que nécessaire. Cependant, comme la fiabilité de l'inventaire est déjà traitée dans le Projet I et que son influence sur les performances du processus de commande est vérifiée, nous écarterons l'étude de cette variable et de son influence dans l'étude du Projet II.

▪ **L'exécution opérationnelle du processus de commande** : on regroupe sous ce titre plusieurs facteurs. Le premier concerne le respect du processus et des délais, c'est-à-dire qu'on identifie à tout moment les articles dont les niveaux des stocks ont atteint les points de commande et on lance les commandes dans les plus brefs délais. Il y a aussi la mise à jour périodique des différents paramètres de la politique afin qu'ils s'adaptent aux fluctuations de la demande.

▪ **La coopération et réactivité du client** : les performances du processus de commande pourraient être considérablement améliorées si la gestion des stocks disposait des prévisions des clients. Le facteur serait donc, dans ce cas, l'existence ou pas de cette coopération. De plus, puisque les commandes ne sont transmises aux fournisseurs par le système qu'après que les clients les aient approuvés, les ruptures des stocks peuvent être causées par la faible réactivité du client.

▪ **La politique de réapprovisionnement** : le processus de commande étant la déclinaison opérationnelle de cette politique, ses performances dépendent de l'adaptation de la politique à la nature de la demande et de la structure de la chaîne logistique. Aussi, les hypothèses qui supportent le calcul des différents paramètres doivent être vérifiées.

Ayant déjà éliminé l'étude de l'influence de l'exactitude de l'inventaire, nous écarterons aussi les deux facteurs ci-après pour les raisons suivantes :

▪ Contrairement aux processus de réception et d'expédition, dont l'exécution se fait sur une base quotidienne, le processus de commande est un processus dont le cycle de temps est long. Cette caractéristique fait que la constatation des sorties et la constatation des variables d'entrée de ce processus sont éloignées dans le temps. Devant l'indisponibilité des données historiques, il y a donc nécessité, comme dans le Projet I, d'organiser une campagne de relevés sur une assez longue période, ce qui n'était pas réalisable au regard de la durée de notre stage. Ceci s'applique aussi pour l'étude de la réactivité du client.

Ainsi, nous nous limiterons à l'étude de l'influence de la politique de réapprovisionnement. Mais compte tenu du fait que le processus de commande est la

déclinaison opérationnelle de la politique de réapprovisionnement, il sera nécessaire de mener au préalable l'étude de la politique puis celle de la déclinaison opérationnelle.

Ce choix étant justifié, il reste à déterminer la façon selon laquelle sera menée l'étude de l'influence de ce facteur sur la performance de la gestion des stocks à MM. La politique n'étant pas une variable quantifiable, il ne sera pas fait appel, pour son étude, aux différents outils statistiques utilisés dans le Projet I. Etant par contre une stratégie de l'entreprise pour faire face à l'incertitude de la demande et des approvisionnements dans l'objectif de minimiser les coûts de stockage tout en maintenant un niveau de service ciblé, l'étude de cette politique sera facilitée par la simulation. Cet outil permettra de vérifier la contribution de la politique de réapprovisionnement actuelle sur les faibles performances de MM, de comparer les résultats de cette politique à d'autres et de proposer la plus adaptée au contexte de l'entreprise.

2. Calcul du niveau sigma

La mesure de niveau sigma dans le deuxième projet concerne le processus de commande dont l'objectif est de garder un niveau faible des stocks tout en assurant un niveau de service élevé pour les clients. Mais avant de collecter les données sur les performances de ce processus, la qualité ainsi que le produit défectueux doivent être définis. Un produit est dit « défectueux » s'il est soit en rupture soit en excès. Par conséquent, ce processus atteint un niveau élevé de qualité lorsque tous les articles qui ne sont pas en rupture sont en quantités inférieures à leur maximum durant toute l'année.

Pour atteindre son objectif, le processus de commande exploite les différentes données qu'il reçoit en entrée comme le niveau des stocks et les différents paramètres déterminés par la politique de réapprovisionnement pour fournir en sortie, des ordres d'achats pour les articles qui nécessitent un réapprovisionnement. Ainsi, au-delà des estimations des paramètres, le processus de commande est à la source des excès ou des ruptures en lançant les commandes trop tôt ou trop tard. Par conséquent, pour mesurer sa performance sur une période donnée, la population qui sera étudiée est l'ensemble des articles ayant un point de commande non nul. Dans cette population, les produits défectueux sont ceux qui ont une quantité en stock nulle ou les articles reçus pendant la période de référence et dont les quantités excèdent leurs Max respectifs.

Etant un processus dont le cycle de temps est très long, l'unité de temps de cette étude est le mois et l'étude couvrira une période de 15 mois : Janvier – 2013 jusqu'à Mars – 2014. Ainsi pour chaque mois, il faudra :

- Recenser l'ensemble des articles appartenant à la population définie ci-dessus ;
- Compter le nombre des articles qui sont en rupture de stock ;
- Recenser l'ensemble des articles qui ont été reçus pendant cette période et compter le nombre d'articles qui sont en excès.
- Calculer le nombre total de produits défectueux en additionnant le nombre des articles en rupture et le nombre d'articles en excès.

Avant de mener l'analyse des résultats, on fera l'hypothèse que le nombre de produits défectueux, donc d'articles en rupture ou en excès, suit une loi Binomiale de paramètre (n, p) :

- n est le nombre d'épreuve de Bernoulli qui correspond à l'expérience de vérifier si les articles de la population de taille n sont en rupture ou en excès;
- Un succès correspond à un article en excès ou en rupture et l'échec à un article dont la quantité disponible en stock est non nulle et inférieure au Max;
- p la probabilité d'un succès

Il convient aussi de s'assurer avant d'utiliser les données qu'elles sont issues d'un processus stable. Pour ce faire, on fera appel à la carte de contrôle P.

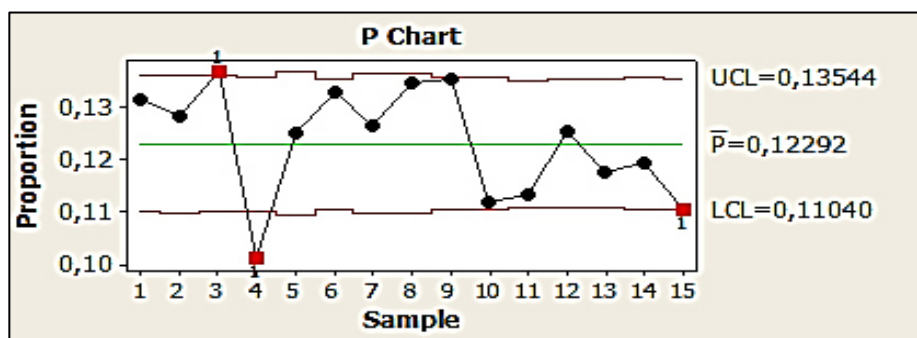


Figure VII.1. Carte de contrôle P : Echantillon initial

Dans la Figure VII.1, on remarque qu'un seul point est en dehors des limites de contrôles et deux sont sur les limites. En éliminant le point qui est loin de la limite inférieure de contrôle on obtient la carte de contrôle dans la Figure VII.2. Vu le nombre restreint des

échantillons, on gardera les données restantes même si deux points sont sur la limite inférieure de contrôle.

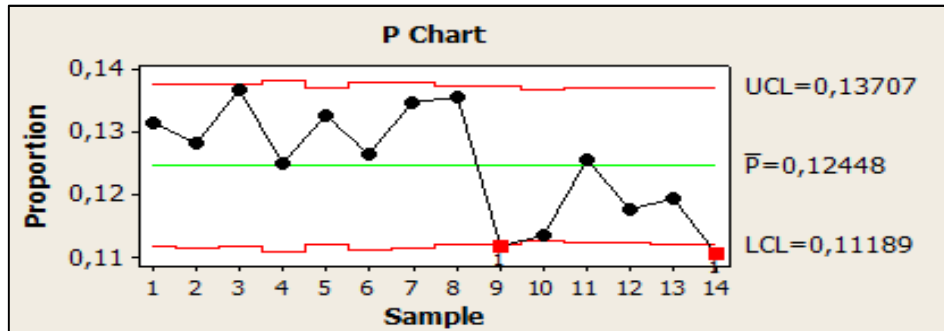


Figure VII.2. Carte de contrôle P : Echantillon réduit

Le niveau de performance du processus de commande est calculé en fixant la spécification supérieure de la proportion des articles en excès ou en rupture à 0,05. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau VII.1.

Tableau VII.1 Niveau de performance du processus de commande

Intervalle de confiance	% Défectueux	DPMO	Z
Limite Inférieure	12,2241	122241	1,1419
Moyenne	12,4481	124481	1,15287
Limite Supérieure	12,6748	126748	1,16386

L'analyse des résultats permet de déduire que le processus de commande a de faibles performances. Avec un niveau sigma égal à 1,15 le site se situe au bas de l'échelle de la qualité, loin de six sigma que visent les projets LSS. Ce faible niveau se traduit par un nombre important d'articles défectueux. Cette conclusion peut être vérifiée par deux autres mesures que fournit l'analyse des données % Défectueux et DPMO. Le processus de commande produit en moyenne 12,44% de produits défectueux ou autrement dit 124481 de produits défectueux par Million d'opportunités. Ce nombre important justifie et l'insatisfaction du client et la nécessité de mener un projet d'amélioration de la gestion des stocks dont l'objectif est de réduire le niveau des stocks tout en gardant un niveau de service élevé.

II. Analyser

Comme spécifié ci-dessus, seule la politique de réapprovisionnement fera l'objet de l'analyse qui comportera les points suivants :

▪ **Analyse de la politique de réapprovisionnement** : dans cette partie, une analyse qualitative de la politique actuelle de l'entreprise sera faite en comparant ses avantages et ses inconvénients avec les autres politiques de base, tout en tenant compte des spécificités de l'entreprise ;

▪ **Analyse des hypothèses** : après une analyse de l'hypothèse sur la demande, la synthèse d'une revue de la littérature sur le sujet sera présentée. En plus de ces parties, l'étape d'analyse se poursuit dans l'étape d'amélioration et se confond avec cette dernière

1. Analyse de la politique de réapprovisionnement

1.1. Caractérisation de la politique actuelle

La politique actuelle de l'entreprise pour l'ensemble des articles, quelle que soit leur classe, est la politique à point de commande ou politique (r, Q) . Cette politique est à suivi continu. Elle consiste à commander une quantité fixe Q chaque fois que la position du stock descend en dessous d'un seuil appelé point de commande, et noté r . La commande est réceptionnée à l'issue du délai d'approvisionnement L (Babai, 2005).

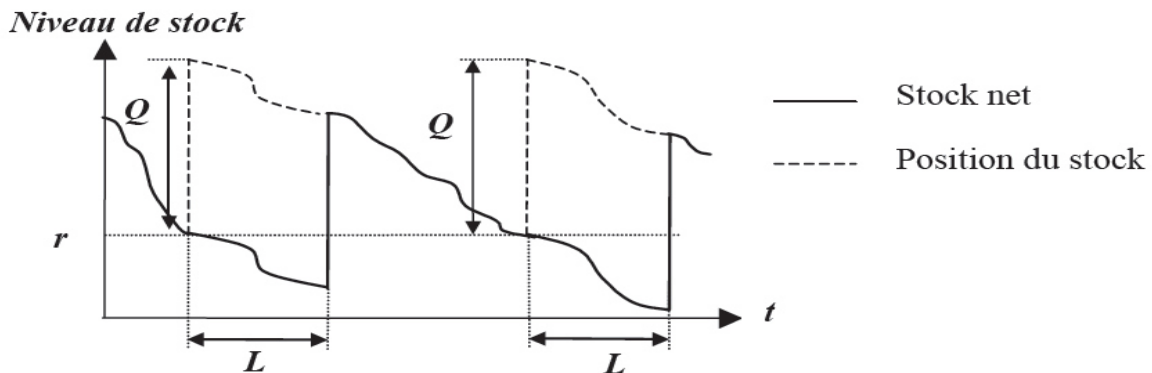


Figure VII.3. Evolution des stocks dans la politique (r, Q) (Babai, 2005, page 14)

Notons que dans le cas de cette politique, l'instant de passation de commande est variable: si la demande est plus grande que la moyenne, le point de commande sera atteint plus tôt; si la demande se ralentit, le point de commande sera atteint plus tard. Le stock correspondant au point de commande a pour but de couvrir la demande jusqu'à la réception de la commande. Son niveau est donc au moins égal à la demande pendant le délai d'approvisionnement. Du fait que cette politique soit à suivi continu, la connaissance avec exactitude du stock disponible à tout instant est nécessaire pour qu'une alerte soit donnée dès qu'un produit atteint son point de commande. Ce qui confirme encore une autre fois la nécessité de mener le Projet I (exactitude de l'inventaire).

1.2. Analyse de l'adaptation de la politique au contexte de l'entreprise

Pour pouvoir analyser l'adaptation de cette politique au contexte de l'entreprise, il faudra comparer ses avantages et inconvénients à ceux des autres politiques puis considérer les spécificités et les priorités pour l'entreprise afin de choisir la plus adaptée. Face à la dispersion de la demande et du délai de livraison, comme nous le verrons plus loin, la politique de réapprovisionnement fixe périodique (T, Q) est d'emblée éliminée. Ainsi, parmi les quatre politiques de base, il restera à comparer la politique de point de commande à celle de rechargement périodique (T, S) et à la politique (s, S) . Avant de détailler cette analyse, il faut préciser que, pour des contraintes de temps, nous n'avons pas remis en cause l'utilisation d'une seule politique pour tous les articles.

▪ **Politique (T, S)** : l'avantage de cette politique est qu'elle permet de regrouper les commandes par fournisseur, ce qui peut réduire les coûts de transport et de commande. Cependant, cet avantage peut être relativisé si on considère la structure de la Supply Chain de Schlumberger dont l'un des acteurs principaux est GOLD. La mission principale de cet acteur est de consolider les commandes par destination et non par provenance, ce qui optimise encore plus les coûts logistiques. De plus, dans certains cas, le rechargement se fait en petites quantités, c'est à dire qu'à chaque période, si le niveau de stock baisse même très peu en dessous de S , une commande doit être lancée pour atteindre S même si la quantité en question est très petite, ce qui minimiserait encore son premier avantage. De plus, cette politique est "aveugle" à l'intérieur d'une période de révision, donc, une variation instantanée de la demande laisse le système insensible (à la différence de la politique (r, Q) qui est plus réactive du fait de son suivi continu). En considérant le secteur de service où la dimension réactivité a toute son importance ainsi que le retard qu'engendrerait une rupture identifiée tardivement, la politique de rechargement périodique peut être avantagée par rapport à celle à point de commande (Gavault, 1980).

▪ **Politique (s, S)** : Même si cette politique combine les avantages des deux premières, on maintient le recours à la politique actuelle pour deux raisons : l'inconvénient de cette politique est la complexité de la procédure de détermination des paramètres optimaux s et S ; si on considère la nature des articles stockés qui sont des pièces de rechange dont la consommation est fréquemment unitaire, on constate que les commandes sont lancées exactement quand la position du stock atteint le niveau s , la quantité commandée est alors fixe et est égale à $S-s$, nous retrouvons alors la politique (r, Q) (Zermati, 2001).

Même si cette analyse reste faible car qualitative, nous pouvons supposer que cette politique est adaptée au contexte de l'entreprise. Pour compléter l'analyse, il nous faut donc analyser la détermination de ses paramètres optimaux. Nous nous restreindrons ici à la détermination des paramètres de sécurité, c'est-à-dire le point de commande r . En effet, l'approche utilisée par l'entreprise pour la détermination des paramètres est une approche séquentielle qui consiste à calculer les paramètres en deux temps. Dans un premier temps, les paramètres d'économie d'échelle (Q) sont calculés en supposant que le système est déterministe. Les paramètres de sécurité (r) sont calculés dans un deuxième temps, afin de remédier à la variabilité du système en assurant l'objectif de service avec le moindre coût. La deuxième approche est l'approche globale qui consiste à optimiser les paramètres d'économie d'échelle et les paramètres de sécurité en même temps. Cette procédure de calcul des paramètres optimaux est plus complexe et les résultats sont très proches de ceux donnés par l'approche séquentielle (Silver et Peterson, 1985). Vu que l'entreprise utilise l'approche séquentielle et que le paramètre d'économie d'échelle Q est déterminé selon la formule de Wilson, nous analyserons la détermination du point de commande et plus spécialement les hypothèses qui sous-tendent cette détermination. Ainsi, dans la partie qui suit, nous analyserons ces hypothèses.

2. Analyse des hypothèses

2.1. Hypothèses sur la demande et le délai de livraison

Dans la plupart des modèles de base proposés dans la littérature sur la gestion de stock classique avec demande stochastique, la demande est supposée stationnaire, c'est à dire que les caractéristiques de la demande sont les mêmes d'une période à une autre et que la loi suivie par la demande conserve les mêmes valeurs pour ses paramètres caractéristiques sur toutes les périodes. Pour les besoins du calcul des coûts, il est nécessaire de rechercher le processus théorique le plus approprié pour représenter la demande. Pour cela, des lois statistiques sont généralement utilisées telles que la loi de Poisson pour des processus discrets et la loi normale pour des processus continus. Dans le cas où le délai de livraison est aussi stochastique, on utilise aussi des lois statistiques pour le représenter (Babai, 2005).

Vu l'importance du choix des lois statistiques pour représenter la demande et le délai de livraison, il était judicieux de vérifier le bien-fondé des hypothèses qui sous-tendent le modèle utilisé par l'entreprise et qui stipule la normalité de la demande et du délai de

livraison. La collecte des données relatives au délai de livraison nécessitant beaucoup de temps, nous retenons l'hypothèse de la normalité des délais de livraison. Pour la demande, nous avons reconstitué l'historique de plus de 5000 articles depuis janvier 2012. Pour évaluer la qualité d'approximation de la demande par la loi normale nous avons calculé le coefficient de variation (CV) pour l'ensemble des articles sélectionnés. Cette mesure de dispersion relative se calcule comme suit :

$$CV = \frac{\text{Ecart type}}{\text{Moyenne}}$$

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau VII.2 :

Tableau VII.2. Calcul de coefficient de variation (CV)

Classe	Nombre total d'articles	Nombre d'articles avec CV ≥ 2	Pourcentage
A	167	154	92,2%
B	258	247	95,7%
C	1136	1098	96,7%
D	3493	3411	97,7%
Total	5054	4910	97,2%

L'utilisation de ce coefficient renseigne sur la qualité d'approximation de la demande par une loi normale. La littérature préconise l'utilisation de la loi normale lorsque la demande est importante et que le coefficient de variation est inférieur à 0,5 car la probabilité que la demande soit négative est très faible. Mais si ce coefficient est supérieur à 2, la probabilité d'avoir une demande négative s'élève à 29%. La demande n'étant jamais négative, nous ne pouvons plus soutenir que la loi normale est une bonne approximation de la demande lorsque le coefficient de variation est élevé. Dans notre cas, l'hypothèse de la normalité de la demande ne peut être acceptée alors que 97% des articles ont un CV supérieur à 2 et que le CV le plus faible est de 1,27.

2.1. Hypothèse sur la demande durant le délai de livraison

Le point de commande est la somme de deux composantes : une pour répondre à la consommation pendant l'intervalle de protection et une autre appelée stock de sécurité qui joue le rôle de protection contre les aléas pendant cette même période. L'intervalle de protection correspond à la période pendant laquelle les demandes continuent à être satisfaites à partir du stock disponible, en attendant les livraisons des commandes passées. Dans la

politique (r, Q) , l'intervalle de protection correspond au délai d'approvisionnement L (Babai, 2005). En somme, le point de commande est le stock qu'on accepte de constituer pour répondre à la demande durant le délai de livraison. La demande et le délai de livraison étant des variables aléatoires, la demande durant le délai de livraison est aussi une variable aléatoire.

Si on suppose que le délai de livraison suit une loi $g(T)$ et que la demande suit une loi $f(x | T)$, alors la demande durant le délai de livraison suivrait une loi $f(x)$ (Tadikamalla, 1984), telle que :

$$f(x) = \int_0^x f(x|T) g(T) dT$$

Comme déjà signalé, une variété de distributions peut être utilisée pour représenter le délai de livraison $g(T)$ et la demande $f(x | T)$, mais il existe rarement une combinaison de ces distributions résultant en une distribution familière pour représenter la demande durant le délai de livraison. (Hadley et Whitin, 1963) ont montré que $f(x)$ est une loi binomiale négative quand $g(T)$ est une loi gamma et $f(x | T)$ est une loi de Poisson. Souvent la loi normale et la loi gamma sont utilisées pour représenter la demande et/ou le délai de livraison. Néanmoins, dans ces cas, les distributions résultantes de la demande durant le délai de livraison sont trop complexes et on recherche alors des approximations plus familières de la demande durant le délai de livraison. Les lois gamma et Weibull ont aussi été préconisées pour approximer la demande durant le délai de livraison. D'autres distributions de probabilités plus générales ont été proposées pour modéliser la demande durant le délai de livraison, mais leur utilisation reste limitée à cause de la complexité dans l'estimation des paramètres et/ou le calcul du point de commande (Tadikamalla, 1979).

Comme pour la demande et le délai de livraison, le modèle utilisé par l'entreprise est construit sur l'hypothèse que la demande durant le délai de livraison suit une loi normale. Ne disposant pas de données relatives à cette variable, il nous est impossible de procéder de la même manière que pour l'hypothèse sur la demande. Ainsi, nous avons fait appel à la simulation qui s'apprête parfaitement à la situation. Mais pour estimer la qualité de l'approximation de la demande durant le délai de livraison par la loi normale, il faut comparer les résultats obtenus en utilisant cette loi à ceux obtenus en utilisant une autre loi.

III. Améliorer

Vu la nécessité de disposer d'une autre approximation de la demande durant le délai de livraison pour comparer les résultats avec ceux d'une approximation par la loi normale, on présentera dans un premier temps le modèle proposé à cet effet. Dans un second temps, les étapes de la simulation seront déroulées dans l'objectif de comparer leurs résultats.

1. Présentation du modèle proposé

Une étude comparative de cinq lois de distribution : La loi normale et la loi logistique, constituant le groupe 1 des lois symétriques ; la loi log-normale, gamma et Weibull appartenant au groupe 2 des lois asymétriques a montré que le coefficient de variation est un facteur important et que les décisions portant sur les stocks sont sensibles à la forme des distributions pour des valeurs élevées du coefficient de la variation. L'étude a aussi montré que pour des valeurs élevées de CV, les valeurs du point de commande r ne sont pas très différentes à l'intérieur de chaque groupe, mais sont importantes entre les deux groupe (environ 40% entre la loi normale et la loi log-normale pour un $CV=3$) (Tadikamalla, 1984).

Etant donné que la loi normale appartient au premier groupe, il serait intéressant de voir les résultats de l'utilisation d'une autre loi appartenant au groupe 2. Pour choisir entre les trois lois appartenant à ce groupe, les critères retenus sont la facilité d'estimation des paramètres de la loi de distribution de probabilités et celle du calcul du point de commande. Contrairement aux lois de Weibull et Gamma, la loi log-normale ne nécessite aucune procédure numérique pour estimer ses paramètres et le calcul du point de commande ne fait appel qu'à la table des valeurs de la loi normale centrée réduite actuellement utilisée par l'entreprise.

L'approximation donnée par le même auteur (Tadikamalla, 1979) a été utilisée pour mener l'étude.

Soient :

- L_1 et L_2 la moyenne et la variance de la distribution du délai de livraison respectivement ;
- S_1 et S_2 la moyenne et la variance de la distribution de la demande par unité de temps.

Alors D_1 et D_2 la moyenne et la variance de la demande durant le délai de livraison sont données par:

$$\begin{cases} D_1 = L_1 S_1 \\ D_2 = L_1 S_2 + L_2 S_1^2 \end{cases}$$

Les paramètres λ et θ de la loi log-normale peuvent être déterminés comme suit :

$$\theta = \left\{ \ln \left(1 + \frac{D_2}{D_1^2} \right) \right\}^{1/2}$$

$$\lambda = \ln D_1 - \frac{\theta^2}{2}$$

Si nous voulons déterminer le point de commande r pour un niveau de protection p , et en considérant z_p comme la variable réduite associée au niveau de protection choisi p , on obtient :

$$r = \exp(\lambda + z_p \theta)$$

2. Simulation

Pour pouvoir comparer entre le modèle utilisé par l'entreprise et celui proposé, on a recours à la simulation. Ainsi, cette partie s'organisera selon les étapes de la simulation.

2.1. Analyse du problème

Après les analyses réalisées ci-dessus et au vu de la synthèse de la revue de littérature les questions suivantes peuvent être posées :

- Quelles seraient les conséquences sur le niveau des stocks et le niveau de services de l'approximation de la demande durant le délai de livraison par une loi de distribution?
- L'approximation par une loi log-normale fournit-elle de meilleurs résultats qu'une approximation par la loi normale ?

Pour répondre à ces questions, nous devons construire un modèle qui fournirait une représentation simple de la demande et de l'approvisionnement.

2.2. Construction et programmation du modèle

La construction du modèle simple a pour objectif la modélisation le scénario suivant :

Processus de demande : *“ Le client arrive dans le système suivant une certaine loi et demande une quantité qui suit aussi une certaine loi. La quantité disponible est vérifiée avant de répondre à cette demande. Si la quantité disponible couvre la demande, cette dernière est*

retranchée de la quantité disponible et livrée au client. Si, par contre, la quantité stockée est inférieure à la demande, le client prend la quantité disponible et la demande non satisfaite est considérée comme perdue''

Processus de réapprovisionnement : '' La politique (r, Q) étant à suivi continu, le niveau de stocks est vérifié à chaque réduction, c'est-à-dire à chaque réponse au client. Si la position du stock, ou stock réellement disponible additionné aux quantités en commande non encore livrées, est inférieure au point de commande r une commande est lancée avec une quantité égale à la quantité économique Q .''

En acceptant les hypothèses qui sous-tendent ce scénario, ce dernier a été modélisé en utilisant le progiciel Arena version étudiant. Le modèle obtenu est présenté dans la figure VII.4;

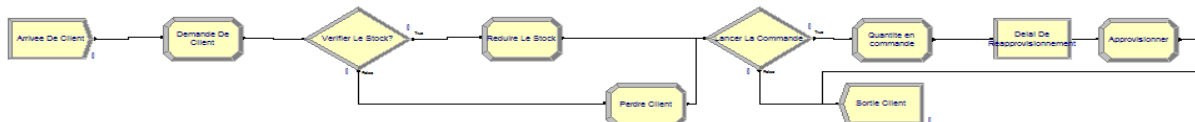


Figure VII.4. Modèle de simulation

Pour valider ce modèle, nous avons pris le cas théorique où l'arrivée des clients, les quantités demandées et le délai de livraison sont déterministes. L'évolution des stocks obtenue est conforme à l'évolution théorique prévue (voir Figure VII.5).

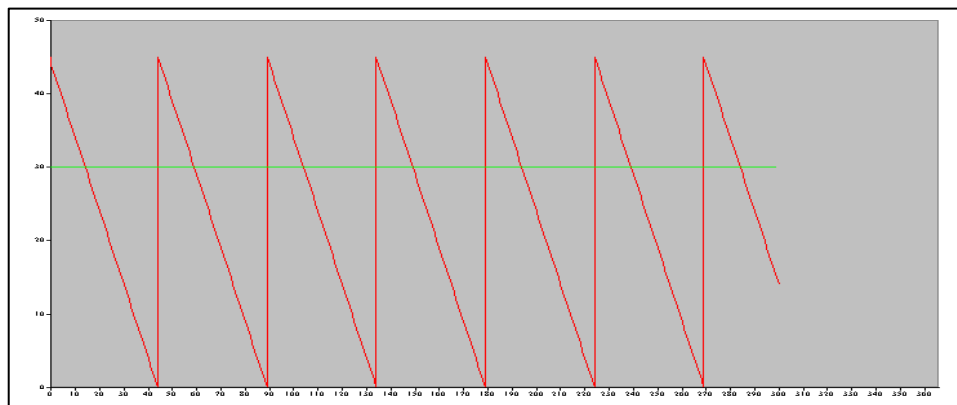


Figure VII.5. Evolution des stocks dans la politique (r, Q) : demande et délai de livraison déterministes

2.3. Expérimentation sur le modèle

Le modèle validé, nous pouvons l'utiliser comme support expérimental pour évaluer le comportement dynamique du système. Il faut bien sûr avoir défini les données sur lesquelles il sera possible d'agir pour répondre aux questions posées dans la première phase. Faute de temps pour recueillir les données nécessaires, les traiter et dérouler la simulation, nous nous sommes restreints à l'étude de 25 articles, appartenant aux quatre classes : A, B, C et D et

dont le coefficient de variation est supérieur à 2. Pour récolter ces données, les étapes ci-dessous ont été suivies :

- Pour chacun des articles, extraire du WMS, la quantité disponible dans le stock, la quantité économique Q et le point de commande r ;
- En supposant que le délai de livraison suit une loi normale, extraire du WMS la moyenne et l'écart type de cette variable aléatoire ;
- Constituer pour chacun des articles, l'historique de la demande depuis janvier 2012 ;
- Calculer la moyenne et l'écart type de la demande ;
- Calculer le point de commande dans le cas où on fait l'hypothèse que la demande durant le délai de livraison suit une loi log-normale;
- En utilisant Input Analyzer d'Arena, choisir la loi de distribution qui estime au mieux la demande.

Une fois les données récoltées ou calculées, le modèle de simulation est exécuté pour chacun des articles. Les différentes lois ont été implémentées et les différentes variables réinitialisées dans le modèle, l'outil Process Analyzer a permis d'implémenter les deux scénarios :

- Scénario 1 : Le point de commande r utilisé actuellement le site, donc correspondant à l'hypothèse que la demande durant le délai de livraison suit une loi normale ;
- Scénario 2 : Le point de commande r correspondant à l'hypothèse que la demande durant le délai de livraison suit une loi log-normale.

Le niveau des stocks à la fin de la simulation réalisée sur une période d'une année et la quantité totale demandée insatisfaite ont été choisis comme variables de sortie afin de comparer les deux scénarii. Les résultats obtenus sont présentés et analysés dans la partie qui suit.

2.4. Analyse des résultats et conclusions

Les résultats de la simulation sont regroupés dans le Tableau VII.3.

Tableau VII.3. Résultats de la simulation

Article	Classe	Modèle Actuel (1)			Modèle Proposé (2)			Comparaison		
		R	DNS	Stock	R	DNS	Stock	%R	%DNS	%Stock
1	A	3	0	4	6	0	6	-94%	0%	-50%
2	A	2	57	0	50	19	33	-2423%	67%	-∞
3	A	2	29	0	47	2	36	-2275%	93%	-∞
4	A	3	9	0	37	2	26	-1150%	78%	-∞
5	B	22	9	0	74	0	90	-238%	100%	-∞
6	B	4	1	6	1	1	2	63%	0%	67%
7	B	10	51	0	51	11	15	-409%	78%	-∞
8	B	2	4	44	12	0	37	-495%	100%	16%
9	C	15	0	17	6	0	17	63%	0%	0%
10	C	10	0	18	16	0	18	-64%	0%	0%
11	C	30	0	66	15	0	66	48%	0%	0%
12	C	3	0	5	3	0	5	-2%	0%	0%
13	C	30	0	144	22	0	144	26%	0%	0%
14	C	25	21	141	37	21	141	-49%	0%	0%
15	C	5	0	12	2	0	12	67%	0%	0%
16	C	15	0	33	2	0	33	83%	0%	0%
17	D	3	0	4	1	0	2	67%	0%	50%
18	D	10	0	13	1	0	5	90%	0%	62%
19	D	2	0	2	1	0	1	26%	0%	50%
20	D	2	0	2	0	0	1	83%	0%	50%
21	D	15	0	16	4	0	1	71%	0%	94%
22	D	2	0	3	0	0	2	87%	0%	33%
23	D	10	0	19	1	0	9	89%	0%	53%
24	D	5	0	6	4	0	2	20%	0%	67%
25	D	2	0	4	1	0	1	34%	0%	75%

Les deux premiers blocs colorés représentent les résultats obtenus pour chaque modèle, (1) celui utilisé actuellement par l'entreprise et (2) le modèle proposé. Chacun de ces blocs contient trois colonnes : R pour le point de commande, DNS pour quantité non satisfaite et stock pour le stock à la fin de simulation. Le troisième bloc coloré en vert est dédié à la comparaison entre les deux modèles en pourcentage, tel que :

$$\left\{ \begin{array}{l} \%R = \frac{R(1) - R(2)}{R(1)} \\ \%DNS = \frac{DNS(1) - DNS(2)}{DNS(1)} \\ \%Stock = \frac{Stock(1) - Stock(2)}{Stock(1)} \end{array} \right.$$

Avant d'entamer l'analyse des résultats, il faut souligner que les données relatives au stock actuel pour les articles de la classe D ont été modifiées après la première itération de la simulation. Le déroulement du modèle de simulation avec les quantités réellement disponibles ne montre aucune différence entre les deux scénarii. Lors de la deuxième itération, après que les quantités aient été réduites à un niveau proche du point de commande actuel, les résultats

ont changé. Ceci permet de conclure que l'entreprise ne peut améliorer sa gestion des stocks en utilisant un nouveau modèle sans avoir ramené au préalable le niveau des stocks à un niveau acceptable. Parallèlement à la réflexion sur les solutions préventives, l'entreprise doit mettre en œuvre des mesures curatives pour réduire les excès des stocks actuels en optimisant les processus FMT et BuyBack.

Par ailleurs, l'analyse du tableau permet de distinguer trois zones différentes, chacune correspondant à un ensemble d'articles pour lesquels les résultats obtenus par les deux modèles présentent des similitude :

▪ **Zone 1** : Cette zone du tableau correspondant à l'ensemble des articles appartenant à la classe A et B pour lesquelles le niveau de service est fixé respectivement à 99% et 97%. A quelques exceptions près (article 1 et 6), les articles appartenant à cette zone présentent les même résultats. Pour ces articles, le modèle proposé augmente considérablement les points de commande R(2) par rapport aux points de commande R(1) actuels. On trouve qu'en moyenne le R(2) est 877% supérieur à R(1). Cette augmentation dans les valeurs des points de commande explique l'augmentation considérable des stocks à la fin de la durée de la simulation. Mais cette augmentation des stocks s'accompagne d'une augmentation importante dans le niveau de service. Le calcul montre que le modèle proposé réduit de 65% en moyenne les quantités demandées non satisfaites.

▪ **Zone 2** : cette zone correspond à l'ensemble des articles appartenant à la classe C pour laquelle le niveau de service est fixé à 95%. On remarque que pour cette zone, les deux modèles présentent des résultats similaires en termes de quantité demandée non satisfaite et de niveau des stocks final. Cette similitude des variables qualifiées de variables de réponses dans la simulation est obtenue même si les deux modèles surestiment pour quelques articles et sous-estiment pour d'autres les points de commandes.

▪ **Zone 3** : Cette zone correspond à l'ensemble des articles appartenant à la classe D pour laquelle le niveau de service est fixé à 50%. Pour tous les articles appartenant à cette classe, on remarque que le modèle proposé réduit de 63%. en moyenne le point de commande. Comme conséquence, ce modèle réduit aussi considérablement le niveau des stocks final. Proche de la réduction des valeurs du point de commande, la réduction du niveau des stocks est en moyenne de 59%. Plus remarquable aussi, la réduction des points de commande ne s'accompagne d'aucune détérioration du niveau du service.

A partir de cette analyse, on peut dire que pour les articles considérés et quelle que soit leur classe, le modèle proposé fournit de meilleurs résultats que le modèle actuel.

Par prudence et faute de disposer de temps pour vérifier l'hypothèse que les points de commande extraits du WMS sont calculés selon le modèle décrit dans la procédure, on s'abstiendra de tirer la conclusion que dans le cas de l'entreprise la loi log-normale est une meilleure approximation de la demande durant le délai de livraison que la loi normale.

Cependant, les résultats de la simulation montrent que l'entreprise peut améliorer d'une façon importante sa gestion des stocks. En effet, le modèle proposé améliore le taux de service de 65% pour les articles pour lesquels l'entreprise accepte de supporter des coûts de stockages important afin de garantir un niveau de service élevé. Ce modèle a aussi montré des résultats prometteurs dans la perspective de minimisation des stocks. Pour les articles que l'entreprise ne considère pas comme critiques et pour lesquels elle accepte l'occurrence de rupture, ce modèle réduit le niveau des stocks de 59% en moyenne.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'étude du Projet II visant l'optimisation des stocks. Le calcul du niveau sigma a confirmé l'insatisfaction des clients relative quant à la gestion des stocks en vigueur au niveau de MM.

Nous avons fait appel à la simulation pour vérifier l'influence des hypothèses supportant la détermination du paramètre r et, pour évaluer le modèle de l'entreprise, nous avons utilisé un modèle proposé dans la littérature qui repose sur l'hypothèse que la demande durant le délai de livraison suit une loi log-normale. Les résultats de cette comparaison nous ont montré que l'entreprise pouvait nettement améliorer sa gestion des stocks en reconsidérant sa façon de calculer le point de commande.

Conclusion générale

Ce projet a été mené dans la fonction Materials Management, un des quatre piliers de Supply Chain de Schlumberger NAG. Nous avons été orientés par le management de cette chaîne logistique vers cette nouvelle fonction dont les performances sont encore faibles pour y proposer des solutions d'amélioration. Après la réalisation d'un audit, l'analyse de ses nous a orientée vers la nécessité de recourir à une démarche globale, qui prenne en considération les besoins des clients et les objectifs stratégiques de l'entreprise. Cette démarche doit aussi guider une analyse profonde des causes des dysfonctionnements sur la base de données mesurées et de faits concrets. Des solutions adaptées pourront ainsi être proposées, permettant d'atteindre les objectifs de réduction des coûts et des délais et d'amélioration de la qualité de service au client. La recherche bibliographique a montré que le Lean Six Sigma répondait à toutes ces exigences.

Le déroulement de cette démarche a eu comme point de départ la réalisation de l'étape de Définition. Après la cartographie des processus clés, la collecte et l'analyse des besoins des clients, trois projets d'amélioration pouvant potentiellement atteindre 80% de la satisfaction de ces clients ont été sélectionnés. Ces projets, nommés Projet I, Projet II et Projet III, visent respectivement: l'amélioration de la fiabilité de l'inventaire, l'optimisation des stocks et l'amélioration du temps de service.

Suite à cela, les autres étapes de la démarche LSS ont été déroulées pour chacun des projets.

- **Projet I**: A partir des données récoltées pour les différents variables identifiées comme influentes sur la fiabilité de l'inventaire, le niveau de sigma du site a été estimé à $Z=1$ confirmant la nécessité de poursuivre ce projet. Puis, en utilisant la visualisation graphique et la régression multiple, il est apparu que le processus d'expédition était celui qui avait le plus d'impact sur la fiabilité de l'inventaire. Comme le projet III traite de ce dernier processus, il a été conclu que les solutions pour ce projet seront aussi des solutions pour le projet I ;
- **Projet III** : Ce projet, traitant du temps de service, a été étudié en utilisant le VSM. L'analyse de l'état actuel a identifié trois gaspillages : attente, mouvements inutiles et stocks d'encours. Pour réduire ou éliminer ces gaspillages, deux solutions ont été

proposées : système d'entreposage au point d'utilisation en utilisant le système Kanban et l'optimisation de l'affectation des articles ;

- **Projet II :** L'étude de ce projet a été menée en combinant la simulation et le LSS. La nécessité de mener ce projet a été confirmée par le niveau sigma $Z=1$ calculé dans l'étape de mesure. L'analyse a été restreinte à l'étude de la politique de réapprovisionnement et plus particulièrement aux hypothèses soutenant le calcul du point de commande. Un modèle basé sur l'hypothèse que la demande durant le délai de livraison suivait une loi log-normale a été proposé et, la simulation a montré qu'il permettait d'obtenir de bien meilleurs résultats que le modèle actuel de l'entreprise.

Si on considère l'aspect théorique et pédagogique, ce travail a le mérite:

- De démontrer la complémentarité entre Lean et Six Sigma. Lors de l'étude du Projet I, visant l'amélioration de la fiabilité de l'inventaire qui peut être considérée comme une caractéristique de la qualité, il est apparu que la réduction de la variabilité pour cette caractéristique peut être obtenue en accélérant l'un des processus agissant sur elle, et qui dit accélération, dit Lean ;
- D'avoir respecté quatre des cinq lois du LSS, à savoir : la loi du marché, la loi de la concentration, la loi de vitesse et la loi de complexité ;
- D'avoir intégré plusieurs notions des différents modules du Génie Industriel : l'audit, la cartographie des processus, les outils de qualité comme le diagramme de Pareto et la QFD, la régression multiple, les cartes de contrôle, les outils Lean comme la VSM et Kanban, les méthodes d'affectation, la théorie des files d'attente, la modélisation mathématique, la gestion des stocks ainsi que la simulation.

Enfin, l'étude qui a été menée a permis de dégager un certain nombre de problématiques qui peuvent être traitées dans le futur :

- L'inventaire tournant, ayant remplacé l'inventaire annuel, est une méthode établie que les entreprises utilisent pour maintenir une fiabilité d'inventaire élevée. Cependant, le dilemme pour les entreprises de grande taille, est que cette méthode est consommatrice de temps et d'argent. Ainsi, pour ces entreprises, il y a une nécessité de maintenir une fiabilité élevée de l'inventaire tout en minimisant l'utilisation des ressources disponibles. Grâce à son utilisation d'échantillons aléatoires de petite taille et sa capacité à contrôler les processus et améliorer la qualité à travers la réduction de la

variabilité, le contrôle statistique de la qualité est le candidat idéal pour résoudre ce dilemme. Cependant, pour pouvoir l'utiliser dans ce contexte, et vu que tous les articles ne suivent pas une même loi de distribution, ce qui constitue une violation de l'hypothèse de base du SPC, il faut chercher le moyen d'obtenir une loi donnant la meilleure représentation de l'ensemble des articles ;

- Ayant remarqué, lors de la recherche de la loi qui approxime le mieux la demande pour chacun des articles échantillonnés, que la loi de Weibull était toujours parmi les meilleurs lois, et n'ayant pas le temps d'estimer celles des délais de livraison, notre travail pourrait encore être amélioré en recherchant la loi qui approxime le mieux la demande durant le délai de livraison ;
- L'entreprise, où a été effectué notre stage, projette d'autres centralisations. Ainsi, d'autres études peuvent démarrer des résultats que nous avons obtenus lors de l'étude des besoins des clients et l'analyse des différents dysfonctionnements pour intervenir lors de l'étape de conception en faisant appel à la démarche Design for Six Sigma.

Bibliographie

- Ait Belkacem, E. (2005). Puissances Six Sigma. Dunod. Paris.
- Aizier, E. (2012). Adaptation du Lean Manufacturing dans un environnement GMP : ses opportunités et ses limites. Lorraine : Thèse de doctorat de l'Université de Lorraine.
- Allen, T. (2010). Introduction to Engineering Statistics and Lean Sigma: Statistical Quality Control and Design of Experiments and Systems. Springer. USA.
- Anton, J. (1997). Listening to the Voice of the Customer: 16 Steps to a Successful Customer Satisfaction Measurement Program. Purdue University Press. USA.
- Azzabi, L. (2010). Contribution à l'amélioration d'un système de production : intégration de la méthode Six Sigma et l'approche MAD dans SIDELEC internationale. Sfax : Thèse de doctorat de l'Ecole Doctorale de Sfax.
- Babai, M. (2005). Politiques de pilotage de flux dans les chaînes logistiques : impact de l'utilisation des prévisions sur la gestion de stocks. Thèse de doctorat : Ecole centrale des arts et manufactures « Ecole Centrale Paris ». Paris.
- Balanche, F. (2005). Six Sigma, une démarche performante et efficace pour les services. Grenoble : Thèse de master de l'Ecole Supérieure de Commerce.
- Blondel, F. (1999). Gestion de la production. 2^{ème} Edition. Dunod. Paris.
- Boukabous, A. (2013). Cours d'économétrie **2^{ème} Année Management Industriel, Département Génie Industriel**, Ecole Nationale Polytechnique, **Alger**
- Breyfogle, F; Cupello, J; Meadows, B. (2000). Managing Six Sigma: A Practical Guide to Understanding, Assessing, and Implementing the Strategy That Yields Bottom-Line Success. John Wiley & Sons. USA.
- Cano, E. Moguerza, J. Redchuk, A. (2012). Six Sigma with R: Statistical Engineering for Process Improvement. Springer. USA.
- Cattan, M. Idrissi, N. Knockaert, P. (2008). Maîtriser les processus de l'entreprise. Editions Eyrolles. Paris.
- Chowdhury, S. (2004). Vous avez dit Six Sigma. Dunod. Paris.
- Des Mesnards, P. (2007). Réussir l'analyse des besoins. Editions Eyrolles. Paris.
- Duret, D. Pillet, M. (2005). Qualité en production: de l'ISO 9000 à Six Sigma. Editions

Eyrolles. Paris.

- Ehrlich, H. (2002). *Transactional Six Sigma and Lean Servicing: Leveraging Manufacturing Concepts to Achieve World-Class*. CRC Press. USA.
- El Haik, B. Roy, D. (2005). *Service Design For Six Sigma*. Wiley. Canada.
- El-Haik, B. Al-Aomar, R. (2006). *Simulation-based Lean Six-Sigma and Design for Six-Sigma*. John Wiley & Sons. USA.
- Ene, S. Öztürk, N. (2012). *Storage location assignment and order picking optimization in the automotive industry*. Int J Adv Manuf Technol. Turkey.
- Fanny, O. (2009). *L'approche Lean : méthodes et outils appliqués aux ateliers de production pharmaceutique*. Grenoble : Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier.
- Fréchet, C. (2005). *Mettre en œuvre le Six Sigma*. Editions Eyrolles. Paris.
- Furtener, S. (2009). *Lean Six Sigma in Service: Applications and Case Studies*. CRC Press. USA.
- Garnier, D. (2010). *La Value Stream Mapping : un outil de représentation des procédés et de réflexion pour l'amélioration Lean appliqué à l'industrie pharmaceutique*. Grenoble : Thèse de doctorat : Université Joseph Fourier.
- Gavault, L. (1980). *Technique & pratiques de la gestion des stocks*. J. Delmas et C^{ie}. France.
- George, M. (2010). *The Lean Six Sigma Guide to Doing More With Less: Cut Costs, Reduce Waste, and Lower Your Overhead*. John Wiley & Sons. USA.
- George, M; Kastle, B; Rowlands, D. (2010). *Qu'est-ce que le Lean Six Sigma*. Maxima Laurent du Mesnil éditeur. France.
- George, M. (2003). *Lean Six Sigma for Service: How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions*. McGraw Hill Professional. USA
- Gillot, J. (2007). *La gestion des processus métiers*. Lulu.com. France.
- Gougue, J. (1997). *Management de ma qualité*. 2^{ème} Edition. Economica. Paris.
- Gujarati, D. (2004). *Économétrie*. 4^{ème} édition. De Boeck. Belgique.
- Hadley, G. Whitin, TM. (1963). *Analysis of Inventory Systems*. Prentice-Hall. Englewood Cliffs. New Jersey.USA.

- Harry, M. Mann, P. De Hodgins, O. Hulbert, R. Lacke, C. (2010). *The Practitioner's Guide to Statistics and Lean Six Sigma for Process Improvements*. John Wiley & Sons. USA.
- Hemant, U. (2011). *Six Sigma for Business Excellence: Approach, Tools and Applications*. Pearson. India.
- Hennink, A. (2007). *International Focus Group Research*. UK: Cambridge University Press.
- Imai.M. (1997). *Gemba Kaizen*. Mc Graw Hill Professionnal. USA.
- Joglekar, A.M. (2003). *Statistical Methods for Six Sigma: In R&D and Manufacturing*. John Wiley & Sons. USA.
- Leseure, E. (2012). *Contribution à l'implantation de la méthode Lean Six Sigma dans les petites et moyennes entreprises pour l'amélioration des processus*. Lille : Thèse de doctorat de l'Université Lille Nord-de-France.
- Liker, J. (2012). *Le modèle Toyota : 14 principes qui font la réussite de votre entreprise*. Pearson. France.
- Locher, D. (2011). *Lean Office and Service Simplified: The Definitive How-To Guide*. CRC Press. USA.
- Lyonnet, B. (2010). *Amélioration de la performance industrielle: vers un système de production Lean adapté aux entreprises du pôle de compétitivité : Arve Industries Haute-Savoie Mont Blanc*. Savoie : Thèse de doctorat de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Savoie.
- Martin, K. Osterling, M. (2014). *Value Stream Mapping*. Mc Craw Hill Education. USA.
- Mawby, W. (2007). *Project Portfolio Selection for Six Sigma*. ASQ Quality Press. USA.
- Mazur, H. (1993). *QFD for service industries, from voice of customer to task deployment*. Japan Business Consultants. USA.
- Mersha, T. (2013). *Improving Order-Picking Efficiency Via Storage Assignment Strategies*. Master Thesis, Industrial Engineering & Management, University Of Twente, Enschede. The Netherlands.
- Nakhla, M. (2006). *L'essentiel du Management Industriel*. Dunod. Paris.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System*. Productivity Press. USA.
- Pande, P; Neumann, R; Cavanagh, R. (2000). *The Six Sigma way*. Mc Graw Hill Professionnal. New York: USA.

- Petersen, C. Aase, G. (2004). A comparison of picking, storage, and routing policies in manual order picking. *International Journal of Production Economics*, 92(1), 11-19.

- Pillet, M. (2004). Six Sigma : comment l'appliquer. Editions d'Organisation. Paris.

- Rampersad, H. El-Homsi, A. (2007). TPS-Lean Six Sigma: Linking Human Capital to Lean Six Sigma : a New Blueprint for Creating High Performance. IAP. USA.

- Rampersad, K. Wieder, F. Caupin, F. Malsch, D. (2006). Total Performance Scorecard: Réconcilier l'homme et l'entreprise. Springer. France

- Roux, M. 2010. Optimisez votre plateforme logistique. 4^{ème} Editions. Eyrolles. Paris.

- Scheuren, F. (2004) .What is a Survey. UK: Cambridge University Press.

- Shankar, R. (2009). Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide. ASQ Quality Press. USA.

- Shankar, R. (2009). Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide. ASQ Quality Press. USA.

- Shillito, L. (2000). Acquiring, Processing, and Deploying: Voice of the Customer. CRC Press. USA.

- Silver, E. A. Peterson, R. (1985). Decision Systems for Inventory Management and Production Planning. John Wiley and Sons. New York.

- Soleimannejed, F. (2004). Six Sigma, Basic Steps & Implementation. AuthorHouse. USA.

- Tadikamalla, P. (1979).The Lognormal Approximation to the Lead Time Demand in Inventory Control. *OMEGA Int. J. of Mgmt Sci.* Vol 6. pp 553 – 556.

- Tadikamalla, P.(1984).A comparison of several approximations to the lead time demand distribution,*OMEGA Int. J. of Mgmt Sci.*, Vol 12, (6), pp. 575-58t.

- Voehl, F. Harrington, J. Mignosa, C. Charron, R. (2013). The Lean Six Sigma Black Belt Handbook: Tools and Methods for Process Acceleration. CRC Press. USA.

- Volck, N. (2009).Déployer et exploiter Lean Six Sigma. Eyrolles. Paris.

- Womack, J ; Jones, D. (2012). Système Lean : penser l'entreprise au plus juste. 2^{ème} Edition. Pearson. France.

- Zellal, S. 2009. Audit des performances logistiques. Article disponible sur le site : <http://www.scribd.com> consulté le 23/05/2014
- Zikmund, W. Babin, B. Carr, J. Griffin, M. (2012). Business Research Methods. Cengage Learning. USA.

Documents Schlumberger

- Schlumberger. (2014). Schlumberger Announces Fourth-Quarter and Full-Year 2013 Results.
- Schlumberger. (2012). The GOLD.
- Schlumberger. (2013). Materials Management Procedures.

Annexes

Liste des annexes

CHAPITRE I

Annexe I.1: Résultats & analyses de l'audit des règles d'exploitation.....	153
Annexe I.2: Résultats & analyses de l'audit du logiciel de gestion WMS.....	156
Annexe I.3: Résultats & analyses de l'audit des tableaux de bord.....	160
Annexe I.4: Résultats & analyses de l'audit de l'identification automatique et de la signalétique.....	162
Annexe I.5: Résultats & analyses de l'audit de l'intégration dans la SupplyChain.....	163
Annexe I.6: Résultats & analyses de l'audit des actions du progrès.....	164

CHAPITRE III

Annexe III.1 : Les composantes d'une charte de projet.....	165
Annexe III.2 : L'approche par DPU (Défaut par Unité).....	165
Annexe III.3: Les étapes de construction du VSM.....	167

CHAPITRE IV

Annexe IV.1 : Questionnaire.....	171
Annexe IV.2 : Synthèse des interviews.....	172
Annexe IV.3 : Chartes des projets.....	178

CHAPITRE V

Annexe V.1 : Tableau des données de l'échantillon.....	180
Annexe V.2 : Analyse comportementale des variables X_1 , X_2 et X_3	181
Annexe V.3 : La boîte à moustache.....	182
Annexe V.4 : Analyse des résidus du modèle de régression.....	183

CHAPITRE VI

Annexe VI.1 : Formulation du modèle mathématique.....	184
---	-----

Annexe I.1: Résultats & analyses de l'audit des règles d'exploitation

Questions		SO	NMR	K	NR	NP	NMP
1	Dispose-t-on de l'organigramme des équipes ?	1	3	1	3	3	3
2	Combien y-a-t-il de niveaux hiérarchiques ?	1	3	1	2	2	3
3	Chaque poste est-il correctement défini ?	1	3	1	3	3	3
4	Gère-t-on la polyvalence ?	1	3	1	1	1	3
5	Comment gère-t-on le recours à du personnel intérimaire ?	1	3	1	2	2	3
6	Quel est le taux d'absentéisme ?	1	3	1	0	0	3
7	Quelle est la pyramide des âges du personnel ?	1	3	1	0	0	3
8	Quel est le turn-over de l'équipe ?	1	3	1	0	0	3
9	Quelle est la pyramide des anciennetés de l'équipe ?	1	3	1	0	0	3
10	Le site est-il certifié ISO 9000 ?	1	3	1	0	0	3
11	Existe-t-il des procédures ?	1	3	1	2	2	3
12	A-t-on rédigé des "Bonnes pratiques" ?	1	3	1	0	0	3
13	Connaît-on les "attendus" ?	1	3	1	0	0	3
14	Les rendez-vous avec les transporteurs sont-ils gérés ?	1	3	1	0	0	3
15	Sait-on faire du cross-docking ?	1	3	1	3	3	3
16	Comment gère-t-on les inventaires ?	1	3	1	2	2	3
17	Quels sont les écarts d'inventaire ?	1	3	1	1	1	3
18	Gère-t-on la traçabilité ?	1	3	1	2	2	3
19	Comment gère-t-on la traçabilité ?	1	3	1	3	3	3
20	Les moyens de stockage sont-ils adéquats ?	1	3	1	2	2	3
21	La capacité de stockage est-elle suffisante ?	1	3	1	2	2	3
22	La capacité des zones de picking est-elle suffisante ?	0	3	1		0	0
23	Les moyens de manutention sont-ils adéquats ?	1	3	1	2	2	3
24	Les moyens de manutention sont-ils bien dimensionnés ?	1	3	1	2	2	3
25	Les modes de préparation sont-ils adaptés ?	0	3	1		0	0
26	La taille des colis clients est-elle optimale ?	0	3	1		0	0
27	Comment s'effectue le calage des colis clients ?	0	3	1		0	0
28	Comment le site est-il entretenu ?	1	3	1	1	1	3
29	Comment le magasin est-il entretenu ?	1	3	1	2	2	3
30	Le site est-il correctement "sanitisé" ?	1	3	1	0	0	3
31	Comment les déchets d'emballage sont-ils gérés ?	1	3	1	1	1	3
32	Comment l'activité maintenance est-elle organisée ?	0	3	1		0	0
33	Quel taux de disponibilité obtient-on ?	0	3	1		0	0
34	Quel est le temps de traitement moyen d'une commande ?	1	3	1	3	3	3
35	Comment gère-t-on les urgences ?	1	3	1	3	3	3
36	Quel est le taux de service observé ?	1	3	1	0	0	3
37	Quel est le taux d'erreurs à la commande ?	1	3	1	0	0	3
38	Quel est le taux d'erreurs à la ligne ?	1	3	1	0	0	3
39	Quel est le niveau de productivité atteint ?	1	3	1	0	0	3
	Total de la rubrique						42
	Total maximal de la rubrique						99
	Pourcentage						42 %

Sections	Points forts	Points faibles
Gestion du personnel	-Il existe une organisation des ressources humaines (Organigrammes, fiches de poste, polyvalence et recours aux intérimaires).	-Le site ne dispose d'aucun indicateur qui lui permet de suivre l'évolution de la ressources humaines, de son ancienneté et par-dessus tout son implication et sa motivation dans le travail (Taux d'absentéisme, Turne Over, Pyramide des âges, Pyramide des anciennetés des équipes).
Organisation générale	-Il existe des procédures internes qui sont tenues à jour.	-Les procédures ne sont pas totalement maîtrisées. -Le site n'est pas certifié ISO. -Il n'existe pas un manuel des « Bonnes Pratiques » interne.
		-L'entrepôt découvre ce qui est livré seulement à l'arrivée des transporteurs. ⇒ Il ne peut pas gérer les rendez vous ⇒ Il est impossible, entres autres, de préparer les documents de réception, d'adapter les effectifs au flux du jour et de réduire les temps d'immobilisation des véhicules.
	-Le site a mis en place la procédure de l'inventaire tournant.	-Il y a un retard dans l'exécution de cet inventaire car le système donne des dates cibles où il faudra procéder à l'inventaire de chaque article. -Les écarts d'inventaire sont importants.
L'adaptation des équipements au besoin (stockage et manutention)	-Surface suffisante.	-Utilisation non optimale de cette surface.
	-Les moyens de stockage et de manutention sont en majorité adaptés.	-Pas de moyens de stockage adaptés aux pièces utilisées fréquemment. -Pas de moyens de stockage et de manutention adaptés aux grandes et lourdes pièces.

Sections	Points forts	Points faibles
L'entretien général		-Le site est visiblement mal entretenu : stock extérieurs de matériaux et déchets, quelques allées et quelques zones ne sont pas dégagés et aucune disposition de sanitation n'est respectée.
		-Il n'y a pas de gestion et de valorisation des déchets.
La performance générale de l'entrepôt		-Absence d'indicateurs de performance : <ul style="list-style-type: none"> • le temps de traitement moyen d'une commande ; • le temps de traitement des urgences ; • le taux de service ; • les taux d'erreurs à la commande et à la ligne la productivité.

L'adaptation des colis

L'entrepôt n'utilise pas de conditionnement quand il s'agit de livrer le segment, mais l'utilise seulement dans le cas de transfert de matériels entre les locations, qui ne sont pas fréquents et ne concernent pas réellement les clients de l'entrepôt.

La maintenance des équipements

Puisque il n'y a pas d'équipements mécaniques ou électriques, la maintenance des équipements existants n'est pas vraiment très essentielle et répétitive. Nous avons donc préféré laisser cette partie sans objet.

Annexe I.2: Résultats & analyses de l'audit du logiciel de gestion WMS

	Questions	SO	NMR	K	NR	NP	NMP
		1	Le site dispose-t-il d'un WMS ?	1	3	1	2
2	Quelles sont les données dimensionnelles connues ?	1	3	1	0	0	3
3	Les données pondérales sont-elles connues ?	1	3	1	0	0	3
4	La base connaît-elle la classe des références ?	1	3	1	0	0	3
5	La base connaît-elle les temps gamme ?	1	3	1	0	0	3
6	La base connaît-elle la notion de nomenclature ?	1	3	1	0	0	3
7	La base connaît-elle le zonage du magasin ?	1	3	1	0	0	3
8	La base connaît-elle les moyens de manutention ?	1	3	1	0	0	3
9	La charge prévisionnelle est-elle calculée ?	1	3	1	0	0	3
10	Le plan de charge est-il suivi et adapté ?	1	3	1	0	0	3
11	Quelles sont les fonctions d'inventaire ?	1	3	1	1	1	3
12	Le WMS connaît-il les attendus ?	1	3	1	0	0	3
13	Le WMS gère-t-il les rendez-vous ?	1	3	1	0	0	3
14	Comment les livraisons sont-elles saisies ?	1	3	1	3	3	3
15	Le WMS gère-t-il les opérations de contrôle ?	1	3	1	1	1	3
16	Le WMS génère-t-il les étiquettes de réception ?	1	3	1	1	1	3
17	Le WMS gère-t-il les retours ?	1	3	1	2	2	3
18	Le WMS prend-il en compte les litiges ?	1	3	1	0	0	3
19	Le WMS gère-t-il le statut de la quarantaine ?	1	3	1	0	0	3
20	Le WMS gère-t-il l'adressage physique ?	1	3	1	1	1	3
21	Comment s'effectue l'affectation des adresses ?	1	3	1	0	0	3
22	L'adressage tient-il compte des caractéristiques des produits ?	1	3	1	0	0	3
23	L'adressage tient-il compte du classement ABC ?	1	3	1	0	0	3
24	Le WMS propose-t-il des réaménagements ?	1	3	1	0	0	3
25	Le casage est-il contrôlé ?	1	3	1	0	0	3
26	Le WMS gère-t-il la disponibilité des moyens ?	1	3	1	0	0	3
27	Le WMS gère-t-il la capacité des moyens ?	1	3	1	0	0	3
28	Le WMS procède-t-il à l'équilibrage des allées ?	1	3	1	0	0	3
29	Le WMS gère-t-il la règle du FIFO ?	1	3	1	0	0	3
30	Le WMS gère-t-il la règle du FEFO et la péremption ?	1	3	1	0	0	3
31	Le WMS gère-t-il le statut "réserve" ?	1	3	1	0	0	3
32	Le WMS gère-t-il les reliquats ?	1	3	1	0	0	3
33	Le WMS gère-t-il les missions combinées ?	1	3	1	0	0	3
34	Le WMS génère-t-il les tournées ?	1	3	1	0	0	3
35	Le WMS optimise-t-il les tournées ?	1	3	1	0	0	3
36	Le WMS gère-t-il le contrôle pondéral ?	1	3	1	0	0	3
37	Quels colisages le WMS gère-t-il ?	1	3	1	0	0	3
38	Comment le WMS gère-t-il le précolisage ?	1	3	1	0	0	3
39	Le WMS gère-t-il le colisage de produits dangereux ?	1	3	1	0	0	3
40	Le WMS édite-t-il les documents d'expédition ?	1	3	1	3	3	3
41	Le WMS édite-t-il les étiquettes d'expédition ?	1	3	1	1	1	3
42	Le WMS édite-t-il étiquettes de danger et fiches sécurité ?	1	3	1	0	0	3
43	La fonction pré-facturation existe-t-elle ?	1	3	1	0	0	3
44	La fonction pré-facturation permet-elle des simulations ?	1	3	1	0	0	3
45	Le WMS assure-t-il le tracking ?	1	3	1	1	1	3
46	Le WMS connaît-il les numéros de lot ?	1	3	1	3	3	3
47	Le WMS gère-t-il les tableaux de bord ?	1	3	1	1	1	3
	Total de la rubrique						20
	Total maximal de la rubrique						144
	Pourcentage						14 %

Sections	Points forts	Points faibles
L'existence d'un WMS	- Le site dispose d'un WMS.	- Le WMS est élémentaire.
La base de données logistique		- Le WMS ne dispose d'aucune base de données logistiques : les données dimensionnelles, les données pondérales, les classes des références (Inflammable, explosif...), le temps opératoire (réception, casage, préparation...), le zonage du magasin, les moyens de manutention. L'inexistence de cette base est un frein face à l'affectation d'adresse physique et à l'ordonnancement.
Les fonctions d'ordonnancement		- Le WMS ne dispose pas d'un module d'ordonnancement et même s'il en avait, il faudrait constituer une base de données contenant le calendrier des arrivées, le carnet de commandes, les temps opératoires pour le calcul des charges prévisionnelles. La base doit aussi connaître les ressources et leurs capacités pour pouvoir procéder à un ordonnancement et une affectation optimale.
Les fonctions d'inventaire	- L'accès aux articles peut se faire par référence, par adresse et par date d'entrée.	
La gestion des réceptions	-Les livraisons apparaissent sur demande à l'écran et il suffit seulement de les valider. -L'étiquette de réception est générée automatiquement. -Le WMS mémorise les contrôles quantitatifs.	-Les attendus ne sont pas connus et donc on ne peut pas gérer le rendez-vous. -Le WMS ne prend pas en compte les litiges. avec les transporteurs et avec les clients.

Sections	Points forts	Points faibles
La gestion du statut de quarantaine		- le statut de quarantaine est inconnu.
La rentrée en magasin	-Le WMS connaît l'adressage physique.	-Le WMS ne propose pas un adressage. -Le WMS travaille en adressage fixe, ne propose pas des réaménagements et ne procède pas à un équilibrage des allées. -Il ne tient pas compte de caractéristiques et de classement ABC des produits. -Le casage n'est pas contrôlé et il fait une confiance aveugle au manutentionnaire. -Le WMS ne gère pas la disponibilité des moyens et leur capacité.
La sortie du magasin		-Le WMS n'applique pas la règle de FIFO, ni la règle de FEFO et la péremption. -Il ne gère pas le statut réservé et le reliquat. -Il ne gère pas les missions combinées des caristes (entrée et sortie). -Il ne génère ni optimise les tournées de préparation. -Il ne gère pas le contrôle pondéral. -Il ne gère pas le réapprovisionnement du picking.
La gestion du colisage		-Le WMS ne connaît pas la notion du colisage et ne dispose pas d'un algorithme de précolisage.
Les fonctions concernant l'expédition	-Les documents classiques d'expédition sont édités automatiquement par le WMS.	-Le WMS n'assure pas la fonction de pré-facturation (transporteur).

Sections	Points forts	Points faibles
Les fonctions concernant l'expédition	-Le WMS suit les produits dans leurs positions de stockage. -Il permet les mêmes traitements informatiques pour les numéros de lot et pour les références.	-Le WMS ne suit pas à la trace les produits depuis leur arrivée à l'entrepôt jusqu'à leur départ. -Il ne gère pas les rappels (des produits défectueux, ...).
La gestion des tableaux de bord	-Le WMS permet des exportations de données vers un tableur.	-Il ne permet pas la construction de tableaux de bord.

Annexe I.3: Résultats & analyses de l'audit des tableaux de bord

Questions		SO	NMR	K	NR	NP	NMP
1	Quelle est la richesse des tableaux de bord ?	1	3	1	1	1	3
2	Quelle est la pertinence des indicateurs suivis ?	1	3	1	2	2	3
3	Comment sont construits les tableaux de bord ?	1	3	1	1	1	3
4	Existe-t-il des tableaux de synthèse ?	1	3	1	2	2	3
5	Existe-t-il des courbes de tendance ?	1	3	1	1	1	3
6	Quelle est la durée d'historisation ?	1	3	1	3	3	3
7	Mesure-t-on l'avancement de l'inventaire tournant ?	1	3	1	3	3	3
8	Connaît-on le taux d'occupation de l'entrepôt ?	1	3	1	0	0	3
9	Connaît-on l'inventaire par référence ?	1	3	1	3	3	3
10	Connaît-on l'inventaire par adresse ?	1	3	1	3	3	3
11	Connaît-on l'inventaire par famille logistique ?	1	3	1	3	3	3
12	Connaît-on l'inventaire par dates de péremption ?	1	3	1	0	0	3
13	Suit-on les indicateurs d'activité ?	1	3	1	3	3	3
14	Connaît-on le nombre de réceptions effectuées ?	1	3	1	0	0	3
15	Connaît-on le nombre de véhicules accueillis ?	1	3	1	0	0	3
16	Connaît-on le nombre de commandes traitées ?	1	3	1	3	3	3
17	Connaît-on le nombre de lignes traitées ?	1	3	1	0	0	3
18	Connaît-on le nombre de picks effectués ?	1	3	1	0	0	3
19	Connaît-on le nombre d'accès réalisés ?	1	3	1	0	0	3
20	Connaît-on le nombre de tonnes traitées ?	1	3	1	0	0	3
21	Connaît-on le nombre de colis expédiés ?	1	3	1	0	0	3
22	Connaît-on le nombre d'expéditions réalisées ?	1	3	1	0	0	3
23	Connaît-on le nombre de remises effectuées ?	1	3	1	0	0	3
24	Suit-on les indicateurs de productivité ?	1	3	1	0	0	3
25	Suit-on le taux d'engagement des équipements ?	1	3	1	0	0	3
26	Le "présentéisme" est-il suivi ?	1	3	1	0	0	3
27	Suit-on les indicateurs de qualité ?	1	3	1	1	1	3
28	Suit-on les écarts d'inventaire ?	1	3	1	3	3	3
29	Suit-on le nombre de retours ?	1	3	1	0	0	3
30	Suit-on les litiges ?	1	3	1	0	0	3
31	Suit-on le nombre de retards d'expédition ?	1	3	1	0	0	3
32	Suit-on la sanitation ?	1	3	1	0	0	3
33	Suit-on la température des locaux à température dirigée ?	1	3	1	2	2	3
34	Suit-on les commandes omises ou doublées ?	1	3	1	0	0	3
35	Suit-on la délivrance des fiches de sécurité ?	1	3	1	3	3	3
36	Suit-on les arrêts de travail ?	1	3	1	3	3	3
Total de la rubrique							40
Total maximal de la rubrique							108
Pourcentage							40%

Sections	Points forts	Points faibles
L'état des tableaux de bord	-Les fichiers informatiques sont conservés pour plus de 3 ans.	-Les tableaux de bord sont construits à l'aide d'un tableur. -Il n'existe pas de tableaux de synthèse et de courbes de tendance.
Les indicateurs d'état	-Suivi de l'inventaire par référence.	-Non suivi de l'inventaire par famille logistique et date de péremption. -Le taux d'occupation n'est pas connu.
Les indicateurs d'activité		-Absence d'indicateur d'activité : nombre de réception, nombre de véhicules accueillis, nombre de commandes et de lignes traitées, nombre de prélèvement et accès réalisés, nombre de tonnes traitées, nombre de colis expédiés, d'expéditions et de remises.
Les indicateurs de productivité		-Absence d'indicateur de productivité : le taux d'engagement des équipements, le présentéisme.
Les indicateurs de qualité	-Suivi des écarts d'inventaire. -Contrôle de la température interne.	-Absence d'indicateur de qualité : nombre de retours, nombre de litiges justifiés, retards d'expédition, les interventions de sanitation, les commandes omises ou doublée.

Annexe I.4: Résultats & analyses de l'audit de l'identification automatique et de la signalétique

Questions							
		SO	NMR	K	NR	NP	NMP
1	Les livraisons sont-elles identifiées ?	1	3	1	0	0	3
2	Les références sont-elles identifiées ?	1	3	1	2	2	3
3	Les N° de lot sont-ils identifiés ?	1	3	1	1	1	3
4	Les engins de manutention sont-ils identifiés ?	1	3	1	0	0	3
5	Les caristes sont-ils identifiés ?	1	3	1	0	0	3
6	Les préparateurs sont-ils identifiés ?	1	3	1	0	0	3
7	Les colis sont-ils identifiés ?	1	3	1	1	1	3
8	Les agrès sont-ils identifiés ?	1	3	1	0	0	3
9	Les gisements sont-ils identifiés ?	1	3	1	0	0	3
10	Comment le repérage est-il structuré ?	1	3	1	2	2	3
11	Comment la signalétique intérieure est-elle réalisée ?	1	3	1	2	2	3
12	Comment la signalétique extérieure est-elle réalisée ?	1	3	1	2	2	3
Total de la rubrique							10
Total maximal de la rubrique							36
Pourcentage							30 %

Sections	Points forts	Points faibles
L'usage de l'identification automatique	-40 à 60 %des articles sont identifiables automatiquement. - Quelques N° de lots sont codés.	-Aucune livraison n'est identifiable automatiquement. -Les engins, caristes, préparateurs, colis, agrès et gisement ne sont pas identifiables automatiquement.
La qualité de la signalétique	-La signalétique existe et obéit à un formalisme clair.	-Le repérage des emplacements est incomplet. -La signalétique ne respecte qu'imparfaitement les principes d'ergonomie. -La signalétique pourrait être améliorée.

Annexe I.5: Résultats & analyses de l'audit de l'intégration dans la SupplyChain

	Questions	SO	NMR	K	NR	NP	NMP
1	Le stock est-il au plus juste ?	1	3	1	1	1	3
2	Le stock est-il régulièrement "nettoyé" ?	1	3	1	3	3	3
3	A-t-on mis en place une gestion des "rendez-vous" ?	1	3	1	0	0	3
4	Les documents de livraison sont-ils convenables ?	1	3	1	3	3	3
5	A-t-on mis en place une politique d'arrondi ?	0	3	1	3	3	0
6	Les étiquettes portent-elles les informations nécessaires ?	1	3	1	3	3	3
7	Les étiquettes sont-elles au bon emplacement ?	1	3	1	3	3	3
8	Les N° de lot sont-ils indiqués ?	1	3	1	1	1	3
9	Les N° de lot sont-ils codés ?	1	3	1	0	0	3
10	Comment la traçabilité est-elle gérée ?	1	3	1	2	2	3
11	Utilise-t-on l'EDI ?	1	3	1	3	3	3
	Total de la rubrique						22
	Total maximal de la rubrique						30
	Pourcentage						73 %

Sections	Points forts	Points faibles
La gestion des stocks	- Une analyse des références en stock est réalisée à la fin de chaque mois.	- Le stock n'est pas au plus juste avec un taux de couverture qui dépasse les 800 jours.
L'organisation des livraisons	- Les documents qui accompagnent la livraison sont convenables.	- Il n'y a pas de gestion des rendez-vous.
La politique d'arrondi	- La politique d'arrondi est utilisée.	
L'étiquetage des colis	- Le suivi individuel de chaque colis est possible. - La majorité des colis correspondent aux spécifications.	
La gestion des numéros des lots		- Le N° de lot ne figure que sur les articles. - Aucun N° de lot n'est codé.
La gestion de la traçabilité	- La gestion de la traçabilité s'effectue à l'aide d'une base de données informatiques. - La grande majorité des échanges vers l'amont ou vers l'aval s'effectue par EDI (échange de données informatiques).	

Annexe I.6: Résultats & analyses de l'audit des actions du progrès

Questions		SO	NMR	K	NR	NP	NMP
		1	Se tient-on bien informé de l'actualité de la profession ?	1	3	1	0
2	Dispose-t-on de références théoriques ?	1	3	1	2	2	3
3	Participe-t-on aux événements professionnels ?	1	3	1	0	0	3
4	Fait-on partie d'un club professionnel ?	1	3	1	2	2	3
5	Visite-t-on d'autres sites ?	1	3	1	0	0	3
6	A-t-on procédé à des benchmark ?	1	3	1	0	0	3
7	Les audits sont-ils réguliers ?	1	3	1	3	3	3
8	Que fait-on pour la formation du personnel ?	1	3	1	3	3	3
9	Existe-t-il un plan de progrès ?	1	3	1	1	1	3
10	Existe-t-il une boîte à idées ?	1	3	1	0	0	3
11	Quels gains de productivité a-t-on réalisés ?	1	3	1	0	0	3
12	La qualité a-t-elle été améliorée ?	1	3	1	0	0	3
Total de la rubrique							11
Total maximal de la rubrique							36
Pourcentage							31 %

Sections	Points forts	Points faibles
Action du progrès	<ul style="list-style-type: none"> -L'existence de références théoriques. -Les audits sont réguliers. -Existence d'un plan de formation. 	<ul style="list-style-type: none"> - On ne se tient pas informé de l'actualité de la profession (aucune revue consultée, aucune participation à des événements professionnels, pas de participation active à un club ou association professionnelle). - On n'a aucune connaissance des performances de la profession que ce soit à travers le benchmarking ou la visite de d'autres sites. - Il n'existe pas un plan de progrès formalisé et même s'il y en avait, on ne dispose pas d'indicateur de productivité et de qualité pour connaître les gains. -Il n'existe pas d'exploitation de l'intelligence du personnel à travers la boîte à idées ou les cercles de progrès.

Annexe III.1 : Les composantes d'une charte de projet

Une charte de projet contient souvent les rubriques suivantes (Gillot, 2007):

- **Le Business case** : cette partie explique pourquoi ce projet est important pour l'entreprise et pourquoi la direction devrait le soutenir. Pour ce faire, elle devrait énoncer les bénéfices qu'elle peut tirer de sa mise en œuvre, financiers soient-ils ou autres.
- **L'énoncé du problème** : il contient une brève description du problème que vit l'entreprise. Il doit être relié à la voix du client, que celui-ci soit interne ou externe. De plus, dans cette partie s'impose la nécessité de quantifier le problème en spécifiant où il se produit, quand, combien, etc....
- **L'énoncé des objectifs** : dans cette partie, sont données les réponses aux questions : Quel est l'objectif du projet ? Quelles améliorations ciblons-nous ? Dans la formulation du ou des objectifs, il faudra veiller à ce qu'ils soient spécifiques, mesurables, limités dans le temps et surtout liés au problème à résoudre.
- **Le périmètre du projet** : dans cette partie, on met en évidence ce qui est inclus et ce qui est exclu du projet. On peut dire par exemple que le projet concerne telle famille de produits et non d'autres, telle région géographique et non d'autres ou tel département et non d'autres.
- **Le calendrier** : il décrit les étapes et les jalons clés ainsi que les dates auxquelles ils seront terminés. Typiquement, pour un projet Lean Six Sigma, les jalons correspondent aux dates de la fin de chacune des cinq phases (Définir, Mesurer, Analyser, Améliorer et contrôle).
- **Les membres de l'équipe** : la section des membres de l'équipe comprend toutes les ressources qui sont nécessaires pour travailler sur ce projet. Typiquement, on mentionne dans cette section le promoteur du projet, les principales parties prenantes, les membres de l'équipe et toute autre personne possédant une expertise ayant un lien avec le projet.

Annexe III.2 : L'approche par DPU (Défaut par Unité)

L'approche par DPU, souvent appelée méthode discrète, nécessite la présence des données ou des descriptions suivantes (Rampersad et El-Homsi, 2007):

- l'unité : tout produit ou service réalisé;
- le défaut : tout produit ou service ne répondant pas aux critères du client (autrement dit les non-conformités).

Dans le cas des défauts non mesurables par unité, on caractérise le défaut par le ratio entre le nombre de défauts et le nombre d'unités réalisées :

$$\text{DPU} = \text{Nombre de défauts} / \text{Nombre d'unités}.$$

Parfois, on utilise aussi le PPM (partie par million) :

$$\text{PPM} = (\text{Nombre de défauts} / \text{Nombre d'unités}) * 10^6$$

Notons aussi qu'il existe une autre notion appelée DPO (Défaut Par Opportunité) qui a été introduite pour qu'il soit tenu compte de la complexité des produits à réaliser. Ainsi, l'opportunité est tout évènement dans lequel un produit ou service réalisé peut être conforme ou non aux spécifications du client :

$$\text{DPO} = \text{Nombre de défauts} / (\text{Nombre d'unités} * \text{Nombre d'opportunités})$$

Parfois, on utilise aussi le DPMO (Défauts Par Millions d'Opportunités) :

$$\text{DPMO} = [\text{Nombre de défauts} / (\text{Nombre d'unités} * \text{Nombre d'opportunités})] * 10^6$$

Ainsi, DPU=DPO dans le cas où le nombre d'opportunités égal à 1.

Pour évaluer le Z du processus dans le cas de DPU ; on a recours à la loi binomiale (Joglekar, 2003)

Cette loi de distribution est utilisée lorsque les deux conditions suivantes sont vraies :

- ✓ Chacun des n articles contrôlés doit être classé en seulement deux catégories : défectueux ou non-défectueux ;
- ✓ la probabilité p d'un article défectueux est constante pour chaque article contrôlé et indépendante du fait qu'un autre article soit défectueux ou pas.

Si X est la variable aléatoire qui représente le nombre d'articles défectueux de n articles, alors la probabilité de trouver x articles défectueux parmi n est :

$$P(X = x) = \frac{n!}{x! (n - x)!} p^x (1 - p)^{n-x}$$

n (≥ 1) et p ($0 \leq p \leq 1$) sont les paramètres de la loi de distribution binomiale.

La moyenne, la variance et l'écart type de X sont : $\mu = np$; $\sigma^2 = np(1-p)$; $\sigma = \sqrt{np(1-p)}$

Si on observe x articles défectueux parmi n articles, alors la fraction défectueuse de l'échantillon, $\bar{p} = x/n$, fournit une estimation de la fraction défectueuse p de la population inconnue.

Annexe III.3: Les étapes de construction du VSM

La construction d'une carte VSM se déroule suivants cinq étapes principales (Garnier, 2010; Martin et Osterling, 2014):

Etape 1 : Choix de la famille de produits

Avant de commencer la construction de la carte VSM, il est nécessaire de choisir l'objet de l'étude mais aussi le niveau de réalisation de la VSM.

Etape 2 : Dessin de l'état actuel

Pour élaborer une carte remaniée de la chaîne de valeur, il faut tout d'abord connaître la situation actuelle. Ainsi, cette partie est consacrée au dessin de la carte VSM dans sa version courante. Pour la conduite de cette étape on doit suivre les phases suivantes :

Première phase du dessin : Le Client

La VSM s'inscrit dans une démarche d'amélioration orientée sur la chaîne de valeur. Cela implique une définition claire de la valeur du produit ou service, aux yeux du client. Le dessin d'une VSM commence donc par la représentation du Client, et les informations le concernant.

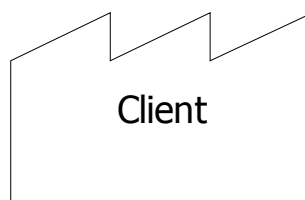


Figure 2. Icône Client

Deuxième phase du dessin : Les étapes du processus

Ensuite, les étapes du processus sont décrites à l'aide de deux types d'icônes.

- **Les cases processus** représentent des opérations où la matière brute subit un traitement.
- **Les stocks** représentent des stocks intermédiaires qui s'accumulent entre deux opérations. Dans le cas des services, cette icône représente l'accumulation d'information qu'elle soit matérielle ou non.

Mis bout à bout, les cases processus constituent le flux de matière, qui est placé dans la moitié inférieure du dessin de la VSM, de gauche à droite dans le sens du traitement des matières. Entre chaque case processus se trouve une icône stock, en dessous de laquelle sont inscrits le nombre d'éléments qui s'y trouvent ainsi que leur type.

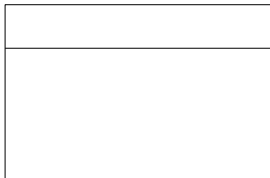


Figure 3. Icône case processus

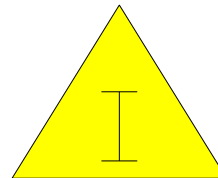


Figure 4. Icône stock

Dans les cases processus est placée la figure représentant une Icône Opérateur. Elle est associée à un chiffre qui indique le nombre d'opérateur requis pour le fonctionnement de ce processus.

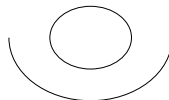


Figure 4. Icône Opérateur

Les déplacements de matières entre les processus de fabrication sont caractérisés par des connexions. Deux configurations sont possibles: soit les produits sont poussés par le processus fournisseur, soit ils sont tirés par le processus client. Deux nouvelles icônes sont nécessaires, elles sont présentées ci-dessous :



Figure 5. Icône du flux poussé



Figure 6. Icône flux tendu

Troisième phase du dessin : Les Fournisseurs

Après s’être intéressé au client, puis aux processus de fabrication, l’objet de la troisième phase concerne logiquement les fournisseurs. Notons que dans le cas des services comme le nôtre, le fournisseur et le client sont confondus.

Quatrième phase du dessin : les Flux d’Information

À ce stade de la construction de la carte VSM, seuls les flux de matières ont été dessinés. La quatrième phase a pour but de représenter les flux d’information. Pour cela, il faut introduire de nouvelles icônes essentielles à la compréhension du dessin : une ligne droite représente un flux d’information physique (sur papier en général), tandis que l’éclair correspond à un flux d’information électronique.

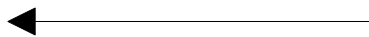


Figure 7. Flux de matières



Figure 8. Flux d’information

Cinquième phase du dessin : la Ligne de Temps

Le schéma obtenu est divisé en deux : la partie supérieure est consacrée au flux d’informations, tandis que la partie inférieure comporte les données relatives au flux de matières. Il reste toutefois une dernière étape à la cartographie de la chaîne de valeur : la représentation de la ligne de temps. La VSM contient deux types de temps : le Lead time et le temps d’exécution tel que :

$$\text{Lead time} = \text{le temps d'exécution} + \text{le temps à non valeur ajoutée}$$

- Le Lead time (délai) est écrit entre chaque opération;

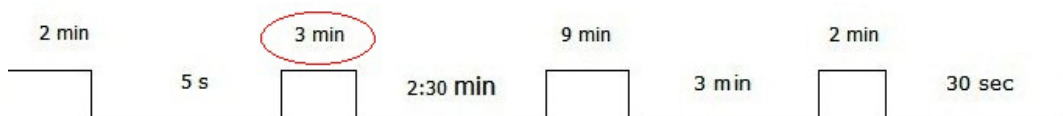


Figure 9. Lead time dans la ligne de temps

- Le temps d’exécution est écrit en dessous de chaque case processus.

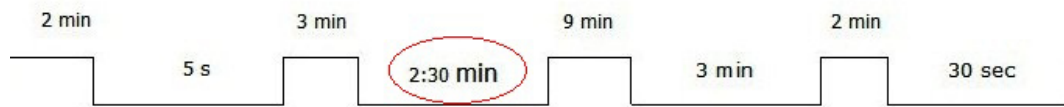


Figure 10. Temps d'exécution dans la ligne de temps

- L'addition des lead time donne une estimation du **lead time total**.
- La somme des temps d'exécution des processus correspond au **temps de traitement**.

Ainsi la cartographie de l'état actuel est terminée. Notons que l'étape du dessin de l'état actuel correspond aux deux premières étapes du cycle DMAIC : définir et mesurer.

Etape 3 : Analyse

La troisième partie de la démarche VSM est une étape de transition; elle a pour but l'analyse de l'état actuel afin de réfléchir à l'état futur. En effet, la cartographie n'est pas une finalité et le but du travail est de pouvoir l'analyser afin de mettre en lumière les différents gaspillages et dysfonctionnements. Notons que cette étape correspond à l'étape d'analyse du cycle DMAIC.

Etape 4 : Dessin de l'état futur

Elle consiste en une mise au propre de la représentation des flux physiques et d'informations modifiés et permet d'identifier visuellement les points sur lesquels on va devoir travailler et dans quel contexte. C'est un outil de communication simple pour expliquer vers quoi l'organisation va être transformée.

Etape 5 : Plan d'action et mise en œuvre

La dernière partie de la démarche est la rédaction d'un plan d'action et sa mise en œuvre. La représentation de l'état futur ainsi que le plan d'action et la mise en œuvre entrent dans l'étape Innover de la démarche DMAIC.

Annexe IV.1 : Questionnaire

Segment :	Interviewé :	Date :
-----------	--------------	--------

1. Pouvez-vous nous présenter brièvement votre segment ?
2. Qu'est-ce qui différencie votre segment des autres en termes de gestion des stocks ?
3. Pensez-vous que la décision de centraliser les stocks était une bonne décision ?
4. Quelles sont les faiblesses de la nouvelle organisation MM ?
5. Pouvez-vous nous donner des exemples sur des problèmes auxquels votre segment a fait face et dont le Materials est en partie responsable?
6. Pouvez-vous formuler vos besoins et vos exigences par rapport à MM ?
7. Quelles suggestions pouvez-vous faire à MM ? Par exemple, à quel processus doivent-ils faire plus d'attention ? Quelles solutions peuvent-ils mettre en œuvre ?

Annexe IV.2 : Synthèse des interviews

Synthèse interview 1Segment: Testing-RSA/RSLInterviewé: S.VDate: 11/03/2014

Difficultés	Besoins	Solutions
Ecart d'inventaire	Exactitude de l'inventaire	
Erreur de traçabilité		
Non clarté de l'organisation	Accessibilité	
Lenteur de traitement	Rapidité des traitements	
Mauvaise Manipulation des pièces	Réduction du risque d'obsolescence et de péremption	-Sensibiliser les magasiniers à l'importance des pièces -Magasiniers dédiés à chaque segment
Non prise en compte de la date d'expiration		FIFO
Manque de communication	Visibilité	Rapport Mensuel

Synthèse interview N°2**Segment:** ALS**Interviewé:** S.A**Date:** 12/03/2014

Difficultés	Besoins	Solutions
Charge de travail	Rapidité des traitements	<ul style="list-style-type: none"> - Recrutement - Système d'identification
Travail en urgence		
Lenteur de traitement		
Ecart d'inventaire	Exactitude de l'inventaire	
Non prise en compte de la date d'expiration	Réduction du risque d'obsolescence et de péremption	FIFO
Mauvaise manipulation		
Non proposition de Min/Max	Visibilité	Rapport mensuel (Niveau des stocks, dates d'expiration, alarme,...)

Synthèse interview N°3**Segment:** D&M**Interviewé:** P.A**Date:** 12/03/2014

Difficultés	Besoins	Solutions
Physiquement éloigné	Rapidité des traitements	<ul style="list-style-type: none"> – Réorganisation de l'entrepôt – Livrer les pièces aux segments – Recrutement
Organisation non rationnelle		
Manque de personnel		
Ecart d'inventaire	Exactitude des inventaires	<ul style="list-style-type: none"> – Inventaire tournant – Ressources dédiées
Mauvaise gestion des stocks	Disponibilité des articles	Politiques de gestion des stocks adaptée
	Réduction des excès de stock	

Synthèse interview N° 4

Segment: Testing-STT

Interviewé: A.B

Date: 16/03/2014

Difficultés	Besoins	Solutions
Ecart d'inventaire	Exactitude de l'inventaire	
Rupture des stocks	Disponibilité des articles	
Absence de suivi des opérations	Visibilité	
Manque de communication	Accessibilité	Personnel dédié

Synthèse interview N° 5**Segment:** REW**Interviewé:** A.A**Date:** 18/03/2014

Difficultés	Besoins	Solutions
Min/Max incorrects	Disponibilité	Amélioration du calcul du Min /Max
Ecart d'inventaire	Exactitude de l'inventaire	
Délai de traitement long (Commande, Expédition)	Rapidité des traitements	
Physiquement éloigné		
Manque de communication Retard dans la transmission de l'information	Accessibilité	Personnes dédiées aux segments
	Visibilité	Rapport de consommation

Synthèse interview N° 6**Segment:** Testing-DST**Interviewé:** D.R**Date:** 20/03/2014

Difficultés	Besoins	Solutions
Equipe inexpérimentée	Exactitude de l'inventaire	<ul style="list-style-type: none"> – Responsabilisation – Ligne hiérarchique
Lenteur des traitements	Rapidité des traitements	
Physiquement éloigné		
Plusieurs interlocuteurs	Accessibilité	
Manque de communication	Visibilité	

Annexe IV.3 : Chartes des projets

Charte de projet I				
Titre de projet:		Amélioration de la fiabilité de l'inventaire		
Business Case		Énoncé du problème		
Ce projet est un prérequis à la réalisation de tout autre projet visant l'amélioration des performances de materials management car sans données fiables, il est impossible de cerner les problèmes, de les analyser et de proposer des leviers d'amélioration		L'inexactitude de l'inventaire est le premier problème dont se plaignent les clients du Materials Management de Schlumberger Algérie. La fiabilité de l'inventaire actuelle est estimée à 78% Ce qui est loin de niveau minimal fixé par l'entreprise et qui est de 95%		
Aussi, ce projet contribuera à la satisfaction des exigences des segments en résolvant le problème qu'il considère le plus important ce qui les amènera à faire plus confiance à MM et à s'engager dans une collaboration plus étroite.				
Objectif		Périmètre		
L'objectif de ce projet est de ramener la fiabilité des inventaires à 98%		Ce projet s'intéressera aux processus de réception, d'expédition et d'inventaire.		
Membres de l'équipe		Calendrier du projet		
Intervenant	Nom des Membres	Étapes	Date de Fin	
NAG Manager	Mourad diaf	Définir	07-avr-14	
Stagiaire	Tamssaouet Karim	Mesurer	12-mai-14	
Stagiaire	Mechouar Youcef	Analyser	18-mai-14	
Warehouse Manager	Fouad Djouama	Améliorer/Concevoir	30-mai-14	
		Contrôler		

Figure 1. Charte de projet I

Charte de projet II				
Titre de projet:		Optimisation des stocks		
Business Case		Énoncé du problème		
Ce projet s'inscrit dans la ligne de la stratégie de l'entreprise car visant à réduire les stocks pour en libérer les immobilisations, ce qui augmentera les liquidités dont a besoin l'entreprise. Aussi, il contribuera à l'augmentation de la satisfaction de ses clients en mettant à la disposition des segments en bonnes quantités et au bon moment les matériels, les pièces et les consommables sans lesquels ils ne peuvent accomplir le service demandé par le client		L'entreprise dispose d'un stock qui est en excès pouvant être mis en évidence à travers la valeur de taux de couverture moyen des stocks qui est approximativement de 600 jours		
		Aussi, malgré cet excès de stockage, les clients se plaignent des ruptures des stocks qui impactent fortement leur Business. Ce problème peut être mesuré par le taux de rupture qui est estimé à 10 %		
Objectif		Périmètre		
Ce projet vise à réduire les stocks de l'entreprise en ramenant le DSOH à 350 jours tout en réduisant le taux de rupture à 1%		Ce projet concerne principalement le processus de réapprovisionnement et la politique de réapprovisionnement qui le sous-tend		
Membres de l'équipe		Calendrier du projet		
Intervenant	Nom des Membres	Étapes	Date de Fin	
NAG Manager	Mourad diaf	Définir	07-avr-14	
Stagiaire	Tamssaouet Karim	Mesurer	12-mai-14	
Stagiaire	Mechouar Youcef	Analyser	18-mai-14	
Warehouse Manager	Fouad Djouama	Améliorer/Concevoir	30-mai-14	
		Contrôler		

Figure 2. Charte de projet II

Charte de projet III			
Titre de projet:		Amélioration du temps de service	
Business Case		Enoncé du problème	
Ce projet contribuera à la réalisation des objectifs de l'entreprise et à la satisfaction des clients en mettant à la disposition des segments du matériels dont ils ont besoins dans les meilleurs délais.		Les segment se plaignent de niveau de service que réalise le MM qui est la résultantes des rupture des stocks et la lenteur des traitements de leur commandes. Comme le problème de la rupture des stocks est pris en charge par le deuxième projet, seul le temps de traitement des commande sera considéré dans ce projet et qui est estimé à 20 minutes	
Objectif		Périmètre	
L'objectif de ce projet est de réduire le temps de traitement de commande.		Ce projet concerne principalement le processus d'expédition.	
Membres de l'équipe		Calendrier du projet	
Intervenant	Nom des Membres	Étapes	Date de Fin
NAG Manager	Mourad diaf	Définir	07-avr-14
Stagiaire	Mechouar Youcef	Mesurer	12-mai-14
Stagiaire	Tamssaouet Karim	Analyser	18-mai-14
Warehouse Manager	Fouad Djouama	Améliorer/Concevoir	30-mai-14
		Contrôler	

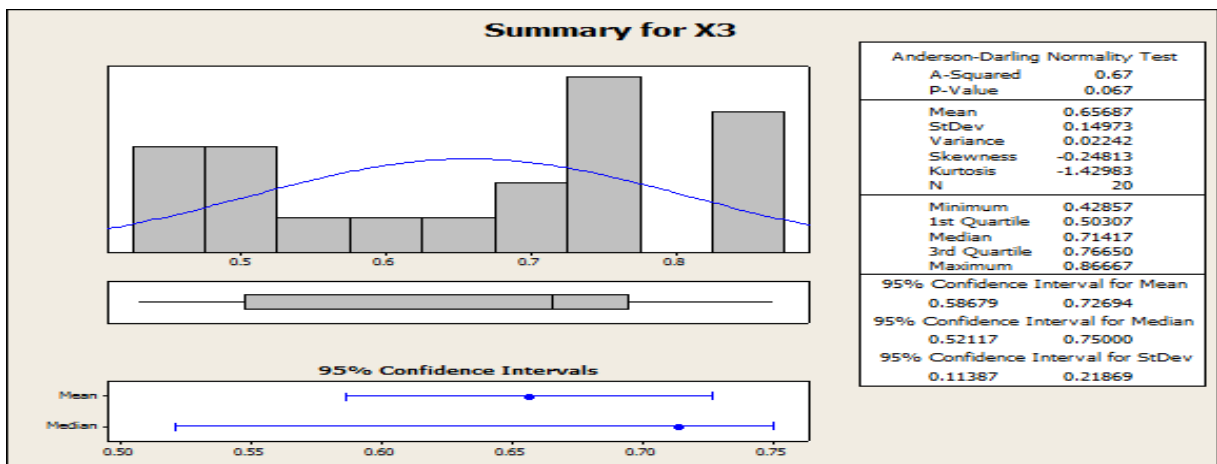
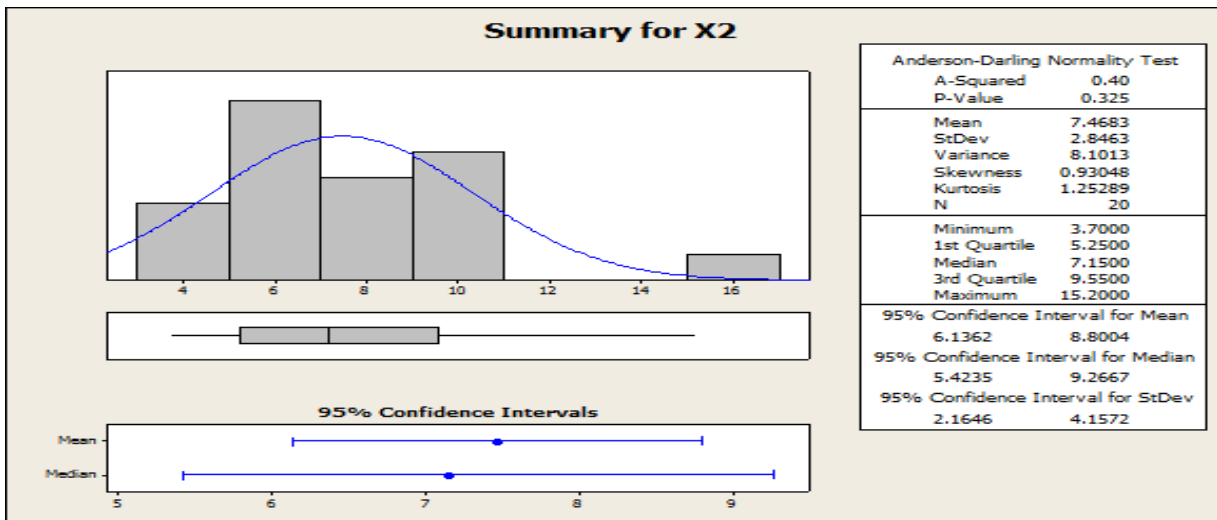
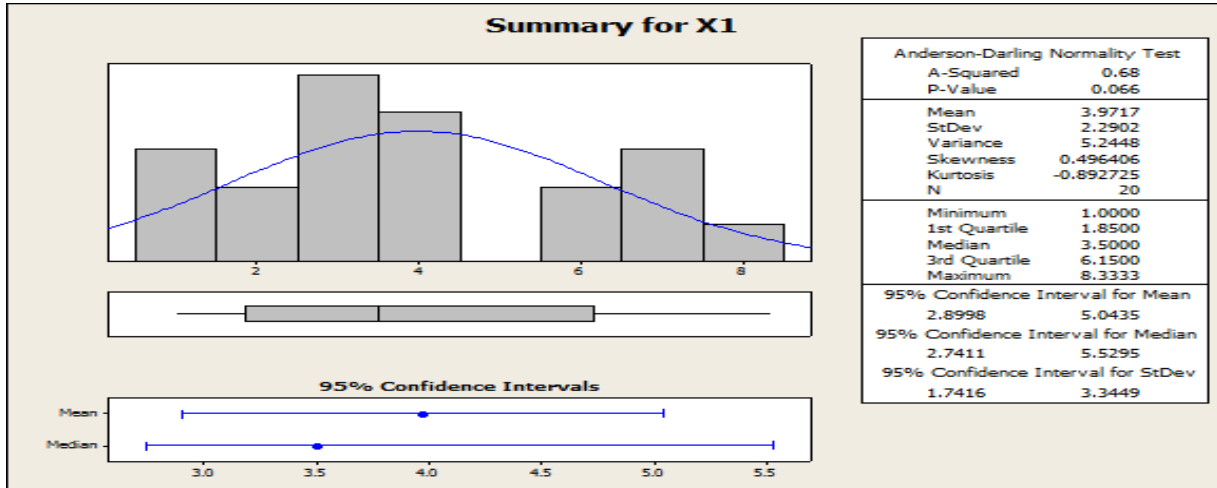
Figure 3. Charte de projet III

Annexe V.1 : Tableau des données de l'échantillon

Numéro	Date	Y	X1	X2	X3	X4	X5
1	4/23/2014	0.652	1.4	6.8	0.73655	A	A
2	4/24/2014	0.73	3.8	5.2	0.42857	A	A
3	4/25/2014	0.65	8.33333	5	0.5	A	A
4	4/26/2014	0.748	1.6	3.9	0.59529	A	A,N
5	4/27/2014	0.55556	3.2	9.6	0.72	A	B
6	4/28/2014	0.4	3.8	7.5	0.84286	A	A,B
7	4/29/2014	0.26087	3.6	15.2	0.83333	A	B
8	4/30/2014	0.41667	6.2	5.8	0.70833	B	A
9	5/1/2014	0.625	1	5.5	0.44444	B	A,N
10	5/2/2014	0.5	6	4.3333	0.832	A	B,N
11	5/3/2014	0.625	1	8.3	0.772	A	A,B
12	5/4/2014	0.27586	4	10.2	0.86667	B	A,B
13	5/5/2014	0.47059	2.6	6.5	0.55	A	A,N
14	5/6/2014	0.875	1.5	3.7	0.74	A,N	A,N
15	5/7/2014	0.49231	7.2	7.7	0.625	B,N	B,N
16	5/8/2014	0.27273	7.4	10.3	0.5123	N	A,N
17	5/9/2014	0.5	7	8.8333	0.75	B	B,N
18	5/10/2014	0.44	3.4	10.2	0.5	N	B
19	5/11/2014	0.48148	3.2	9.4	0.75	B	B
20	5/12/2014	0.642	3.2	5.4	0.43	N	B,N

Les noms des opérateurs ont été remplacés par des lettres pour les variables X₄ et X₅

Annexe V.2 : Analyse comportementale des variables X_1 , X_2 et X_3



Annexe V.3 : La boîte à moustache

La boîte à moustache est couramment utilisée pour représenter les distributions de population. Dans cette représentation (Figure 1), on distingue (Breyfogle, 2003) :

- **La boîte** dont la largeur correspond à 50 % de la population. Ainsi, le bas de la boîte correspond au premier quartile Q1 (25 %), et le haut de la boîte au troisième quartile Q3 (75 %).
- **Les moustaches** qui sont les lignes qui s'étendent de part et d'autre de la boîte, représentant l'étendue des données s'il n'y a pas de valeur aberrante. Pour définir une valeur aberrante, on calcule :
 - une limite basse par la relation : $Q1 - 1,5 (Q3 - Q1)$
 - une limite haute par la relation : $Q3 + 1,5 (Q3 - Q1)$
- **Les points aberrants** sont les points qui se situent en dehors des limites hautes et basses définies précédemment. Ils sont généralement représentés par des astérisques (*).
- **Le trait** séparant la boîte représente la médiane (50 % des valeurs).

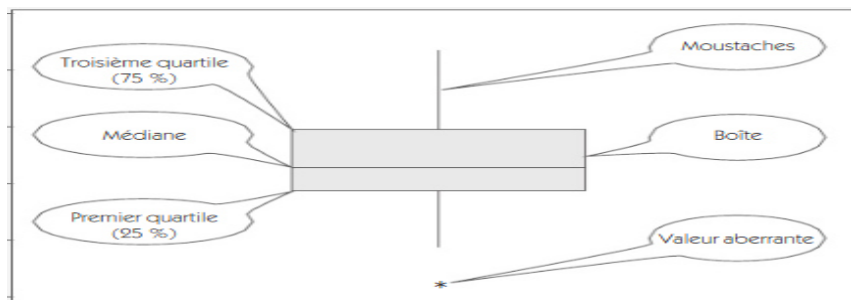
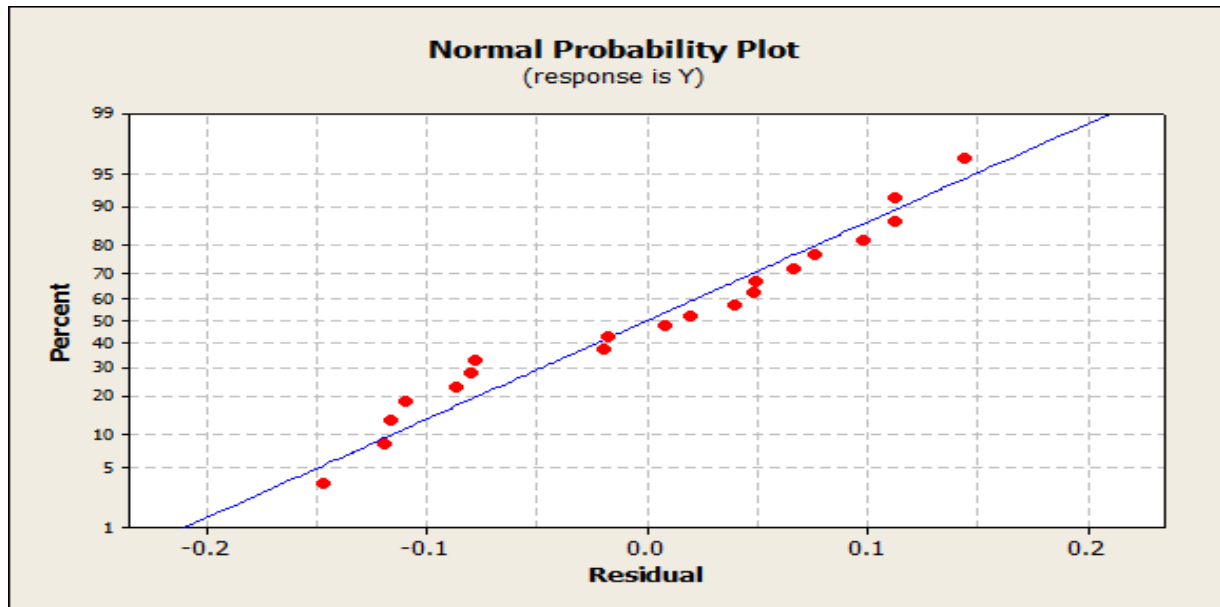


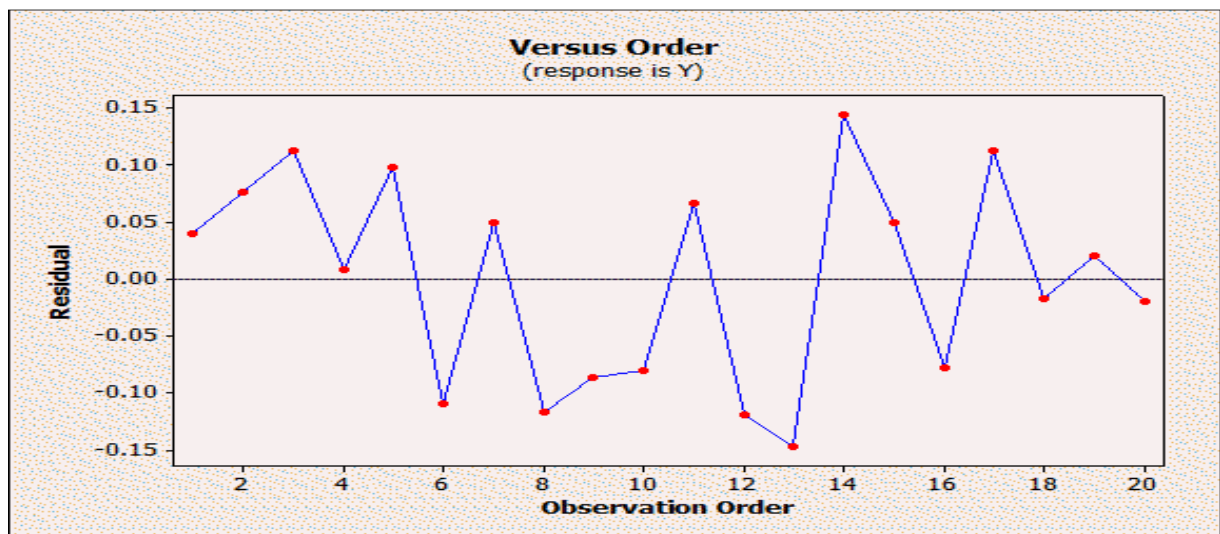
Figure 1. Boîte à moustache

Annexe V.4 : Analyse des résidus du modèle de régression

1. Test de normalité des erreurs



2. Test d'absence d'autocorrélation



Annexe VI.1 : Formulation du modèle mathématique

1. La fonction Objectif

Pour modéliser le problème sous forme de problème d'optimisation, nous devons d'abord traduire l'objectif de minimisation des déplacements et les deux critères de popularité et de complémentarité en fonction Objectif du modèle d'optimisation.

Critère de popularité : En considérant le critère de popularité, le modèle doit affecter les articles les plus populaires aux emplacements les plus proches de la zone d'expédition. Cela suppose l'utilisation d'un paramètre qui permettra de caractériser les articles selon leur popularité. Le meilleur indicateur que la littérature (Bindi et *al*, 2012) propose pour rendre compte de la popularité est le COI : Cube per Order Index. Ce paramètre est le ratio entre l'espace requis (qui est proportionnel à la taille du lot de réapprovisionnement) et la demande périodique (reflétant le nombre de voyages requis pour le prélèvement). Comme le site ne dispose pas de données dimensionnelles pour les articles, cet indice est remplacé par la fréquence de demande pour chaque article. Après l'identification de ce paramètre, il faut déterminer la distance qui sépare chaque emplacement de la zone d'expédition. En multipliant le paramètre de fréquence avec celui de la distance, on obtient la distance que le préparateur parcourt sur la période où les fréquences sont calculées. Ainsi, selon le critère de popularité, l'objectif est de minimiser la somme des distances que le préparateur parcourra sur la même période. Soient :

$$\begin{cases} i, j \in N : \text{l'ensemble des articles} \\ k, l \in M : \text{l'ensemble des adresses} \end{cases}$$

Et soit la variable de décision $X_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{Si l'article } i \text{ est affecté à l'adresse } k \\ 0 & \text{Sinon} \end{cases}$

Et en notant :

- f_i : Fréquence de demande de l'article i ;
- D_k : Distance séparant l'adresse k de la zone d'expédition ;

L'objectif de minimisation de déplacement selon le critère de popularité se traduira comme suit :

$$\text{Min} \quad \sum_i \sum_j f_i D_k X_{ik}$$

Critère de complémentarité : Comme pour le critère de popularité, il est nécessaire de définir un paramètre qui traduit le critère de complémentarité et déterminer les distances qui séparent les différents emplacements de stockage. L'indice utilisé en raison de sa simplicité et de sa large utilisation dans différentes disciplines est l'indice de Jaccard (Tremblay et al, 2012). Le coefficient de Jaccard est un coefficient d'association connu pour étudier la similarité entre deux objets caractérisés par des données binaires de présence-absence. Cet indice permet de calculer, en pourcentage, le degré de ressemblance entre deux éléments. Dans notre contexte, cet indice mesure la fréquence avec laquelle deux produits se retrouvent en même temps dans une commande. Plus l'indice est élevé pour une paire de produits donnée, plus la fréquence avec laquelle ces deux produits se retrouvent simultanément dans une commande est élevée. Il est donc nécessaire de localiser ces produits près les uns des autres. Par exemple, si l'indice de Jaccard pour une paire de produit (i, j) est de 80%, cela signifie que lorsque le produit *i* apparaît dans une commande, la probabilité que le produit *j* y apparaisse également est estimée à 80%. L'indice de Jaccard entre les produits *i* et *j* se calcule comme suit :

$$J_{ij} = \frac{N(i, j)}{N(i, j) + N(i, \bar{j}) + N(\bar{i}, j)}$$

- $N(i, j)$: Nombre de commandes incluant à la fois l'article *i* et l'article *j* ;
- $N(i, \bar{j})$: Nombre de commandes incluant l'article *i* mais n'incluant pas l'article *j* ;
- $N(\bar{i}, j)$: Nombre de commande n'incluant pas l'article *i* mais incluant l'article *j*.

Après le calcul de cet indice pour l'ensemble des couples d'articles, il faudra aussi estimer la distance entre les différents couples d'emplacements. Si on note :

- d_{kl} : Distance séparant *k* de l'adresse *l* ;
- J_{ij} : Indice de Jaccard pour le couple d'articles (i, j).

L'objectif de minimisation des déplacements selon le critère de complémentarité se traduit comme suit :

$$\text{Min} \quad \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l J_{ij} d_{kl} X_{ik} X_{jl}$$

L'objectif de minimisation des déplacements selon les deux critères se traduira donc sous forme :

$$\text{Min} \quad \sum_i \sum_j f_i D_k X_{ik} + \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l J_{ij} d_{kl} X_{ik} X_{jl}$$

2. Les contraintes

Lors de l'affectation, le modèle doit affecter une et une seule fois un article à chaque emplacement et à chaque emplacement doit être affecté un et un seul article. Cela peut se traduire sous deux contraintes d'affectation :

$$\sum_i X_{ik} = 1 \quad \forall k$$

$$\sum_k X_{ik} = 1 \quad \forall i$$

Formulation générale

- **Fonction Objectif**

$$\text{Min} \quad \sum_i \sum_j f_i D_k X_{ik} + \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l J_{ij} d_{kl} X_{ik} X_{jl}$$

- **Sous Contraintes :**

$$\sum_i X_{ik} = 1 \quad \forall k$$

$$\sum_k X_{ik} = 1 \quad \forall i$$

- **Variable de décision :**

$$X_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{Si l'article } i \text{ est affecté à l'adresse } k \\ 0 & \text{Sinon} \end{cases}$$